

Università degli Studi di Trento

Dipartimento di fisica



Dottorato in Fisica XXV ciclo

**Proposta e sviluppo di nuovi strumenti
informali per la didattica e la comunicazione
delle Scienze Fisiche**

Dottorando: **Gabriele Calzà**

Anno accademico 2011-2012

Indice

Ringraziamenti	4
Prefazione	5
- Insegnamento e apprendimento oggi	5
- Il valore della valutazione nella didattica formale	8
Introduzione	10
- Insegnare e comunicare la fisica	10
- Obiettivi generali	12
- Imparare a comunicare	13
Cap. 1 - Laboratori di fisica <i>Scienza per Gioco</i>	15
- Un progetto didattico	15
- Le fasi del progetto	16
Obiettivi specifici	16
Osservazione sul campo	16
Analisi e revisione	17
Panoramica sintetica dei laboratori	18
- Descrizione dei singoli laboratori	19
La vasca di Archimede	19
L'immersione... fa la forza!	20
Liquidi a galla, liquidi a fondo	21
Percorsi di luce	21
Facciamo luce sui colori	23
Anche gli atomi, nel loro piccolo... ..	24
Interventi minori su altri laboratori	24
- Sotto il velo della semplicità	25
- Risultati e discussione	26
- Possibili sviluppi	29
Cap. 2 - <i>La scienza è servita</i>: esperimenti à-la-carte	30
- Un'attività per il pubblico	30
Obiettivi specifici	30
Il format	30
Gli esperimenti	31
Le schede esplicative	31
L'allestimento	33
- Risultati e discussione	33
Punti di forza	35
Punti critici	35

- Possibili sviluppi	36
Cap. 3 - <i>Esperiteca</i>: la biblioteca degli esperimenti	38
- Un progetto per la cittadinanza	38
Obiettivi specifici	38
Descrizione e funzionamento	38
Esperimenti e manutenzione	41
Punti di forza e limiti	41
- Possibili sviluppi	42
Cap. 4 - Conclusioni	43
- Didattica: un problema aperto	45
Cap. 5 – Pubblicazioni didattiche	47
- Un impegno verso i docenti	47
Appendice: allegati	49
- <i>Scienza per gioco</i> : tracce per gli operatori	51
- <i>La scienza è servita</i> : menu e schede esplicative	101
- <i>Esperiteca</i> : schede informative e questionario utenti	141
Bibliografia e siti web	173

Ringraziamenti

Sono tante le persone con cui ho avuto a che fare nel corso di questi anni, e in un certo qual modo sento di dover ringraziare ognuna di loro: primi fra tutti i membri del gruppo LCSF, con i quali ho condiviso questo percorso, per avermi supportato e sopportato.

Ci sono inoltre alcune categorie che meritano un riconoscimento speciale: innanzitutto, le segretarie di tutte le istituzioni con cui ho avuto a che fare (scuola, università, provincia), perché mi hanno sempre assistito nelle incombenze amministrative e chiarito i dubbi burocratici; lavorano dietro le quinte, ma il loro operato è molto prezioso.

Secondo, il personale tecnico, sia dell'officina elettronica sia di quella meccanica, per il tempo che hanno dedicato ai progetti e agli oggetti didattici: con loro, le collaborazioni sono state sempre proficue.

Infine, tutte le persone che hanno avuto incidentalmente a che fare con me, volenti o nolenti, che si sono dovute sorbire loro malgrado, le scemenze che nel corso di questi anni ho elargito copiosamente e senza distinzioni.

Arrivederci a tutti.

Prefazione

Insegnamento e apprendimento oggi

Non c'è periodo storico in cui le istituzioni non si interrogano sulle conoscenze scientifico-matematiche dei giovani discenti, sull'efficacia dell'intervento scolastico e sulla formazione degli insegnanti.

Ogni volta, la situazione appare negativa e ogni riforma del percorso scolastico che ne consegue sembra peggiorare le cose.

Certo è che il successo scolastico, inteso come unione di gradimento e buoni risultati, è basso in discipline quali matematica, fisica e in generale scientifiche, e limitato agli appassionati, mentre la maggioranza degli studenti dichiara di incontrare grandi difficoltà sia in matematica sia in fisica.

Complice di queste difficoltà è anche la rivoluzione che i nuovi mezzi tecnologici hanno indotto nei costumi e nelle abitudini dei giovani, dando loro la possibilità di intrattenere contatti sociali praticamente di continuo e anche a distanza: il vissuto quotidiano dello studente ne è sempre più stravolto, e la scuola fatica ad adattarsi.

Ci sarebbe da discutere molto, secondo me, sul fatto che un adattamento sia auspicabile oppure no, che si debba assecondare o arginare questo tsunami di interazioni extra scolastiche ed extra corporee, se si debba cedere od opporsi all'emorragia di tempo reale speso dai ragazzi in luoghi virtuali, e sul fatto che ciò sia proficuo oppure no per la loro istruzione.

Per contro, gli strumenti tecnologici e le risorse informatiche che si sono resi disponibili negli ultimi anni, potrebbero diventare una grande opportunità per innovare gli stili di insegnamento e aggiornare le metodologie didattiche in aula. A poco a poco lavagne multimediali, libri elettronici, tavolette e dispositivi touch-screen, cominciano ad essere introdotti nella pratica didattica, e in futuro potrebbero assumere un ruolo sempre più importante e diventare mezzi ordinari nell'insegnamento e nello studio individuale, facendo entrare nella lezione quotidiana oggetti quali blog, siti web, reti "wiki" per la condivisione di documenti e progetti, applet, video e animazioni, che potrebbero arricchire di stimoli e possibilità il vissuto scolastico. Senza contare quale grande risorsa di supporto allo studio questi strumenti rappresentano per gli studenti con disabilità.

Certo, non si tratta di mandare in pensione la carta e la penna o il libro di testo, ma di considerare e valutare le possibilità che la tecnologia offre. Ignorarle

sarebbe un errore. Si rischia in futuro uno scollamento ancora maggiore rispetto all'attuale fra il mondo dei giovani e quello della scuola e degli insegnanti, quando invece è importante che gli studenti si sentano riconosciuti e rappresentati anche negli stili comunicativi impiegati.

Ben vengano, per esempio, animazioni che visualizzano gli orbitali atomici e simulano risonanze fra stati energetici diversi, inimmaginabili altrimenti, senza una conoscenza approfondita dei formalismi matematici; o che permettano di mostrare il comportamento di una lente o di uno specchio e l'aspetto delle immagini reali o virtuali che ne risultano; o riprodurre il flusso della corrente e i suoi effetti in un circuito elettrico; o ancora che rendano possibile cambiare i parametri di gravità di un pianeta, alterare le orbite del sistema solare ed osservarne gli effetti.

Alcune conoscenze sono accessibili esclusivamente attraverso il più grande dei telescopi mai costruiti e il più potente dei microscopi mai realizzati: la matematica. È il benvenuto ogni mezzo che aiuti a superare l'ostacolo del formalismo e traduca le formule (complicate e difficili da leggere) in immagini comode e visualizzazioni fruibili anche da non esperti, come un musicista che suonando uno spartito rende disponibile ai non musicisti la melodia in esso codificata.

Resta comunque la considerazione che per imparare qualcosa bisogna spenderci del tempo (reale), impegnare risorse, e concentrarsi su una questione alla volta, allontanando momentaneamente tutte le altre. Non esiste un metodo di apprendimento tramite il quale si possa apprendere, senza impegno, pensando ad altro e senza "sporcarsi i neuroni".

Appare perciò difficile conciliare queste esigenze e trovare strategie efficaci per fare in modo che gli studenti acquisiscano un apprendimento duraturo e una formazione solida, in un mondo in cui sono sempre più numerose e diverse le conoscenze necessarie per essere cittadini consapevoli, e sempre minore il tempo a disposizione per apprenderle.

L'orientamento emergente nel campo della didattica, e della fisica in particolare, è quello di privilegiare situazioni di apprendimento partecipate, che stimolino la curiosità, rinforzino la motivazione e favoriscano la socialità. Per quanto riguarda i contenuti, invece, la direzione suggerita da studi recenti è quella di selezionare pochi grandi temi, per esempio la struttura molecolare della materia (per la fisica), dove l'indagine delle sostanze solide, liquide e gassose e delle loro proprietà è il punto di partenza per formare l'attitudine all'indagine scientifica, al riconoscimento di ciò che è invariante e di ciò che

invece si modifica nelle trasformazioni, alla rappresentazione di informazioni, alla comunicazione dei risultati e alla proposta di ipotesi esplicative. Tutto questo avendo cura di far leva sulle capacità già presenti nei discenti e aiutandoli, attraverso una crescita guidata, a svilupparne di nuove [1].

A ciò, si affiancano altre strategie didattiche più consolidate, quali l'*Inquiry-Based Learning Education* e il *Problem Solving*, [2] nonché tecniche di interazione collettiva riconosciute valide, come ad es. il *Brainstorming*.

Certo queste nuove visioni richiedono una continuità nelle scelte, una coerenza fra i diversi livelli di istruzione e una lungimiranza nella progettazione dei curricoli su scala nazionale, che al momento in Italia mancano.

Altre forme per presentare al pubblico contenuti disciplinari e che abbinano una massiccia componente di comunicazione nella divulgazione e la didattica sono emerse nell'ultimo decennio e si stanno diffondendo. Si tratta di situazioni *non formali*, quali, ad esempio, rappresentazioni teatrali scientifiche e lezioni spettacolo, che cercano proporre situazioni didattiche scevre da impostazioni troppo rigorose e pedissee [3].

Altre forme innovative sono la creazione di percorsi didattici legati a realtà aziendali note e che trasferiscono al pubblico tecniche usate nella meccanica professionista [4] o mostre interattive e a carattere esperienziale [5].

A queste si affiancano interessanti nicchie come la creazione di giochi da tavolo a tema, [6], la scrittura di racconti, o l'istituzione di sfide di contenuto scientifico con tanto di giuria e premi.

Pur muovendosi in questi ambiti e attingendo modalità e idee da queste contaminazioni didattica e forme espressive, questo lavoro non è una tesi di pedagogia. Al contrario, si è voluto affrontare il lato concreto e contingente della questione, mettere in campo azioni reali e adottare pratiche per fornire un sostegno materiale, un contributo tangibile che possa aggiungersi all'azione culturale e didattica messa in atto dall'istruzione scolastica. La base di appoggio per tutto questo è soprattutto l'esperienza acquisita nell'insegnamento - sia della didattica in classe, sia del "dietro le quinte", passando per le interazioni con colleghi e alunni fuori dall'aula -, unita ad una buona familiarità con il lavoro manuale e una predisposizione all'esplorazione e alla sperimentazione pratica.

Il risultato di questi ingredienti sono tre progetti, ciascuno dei quali è pensato per affiancarsi all'azione della scuola, con l'obiettivo di sostenere la didattica

della fisica, promuovere la conoscenza scientifica e aiutare giovani, studenti e non, a riconciliarsi con una disciplina che ha la fama di essere difficile.

Nei capitoli successivi, verranno descritti questi progetti, e ne saranno discussi gli aspetti positivi e i meriti, come pure i punti deboli e i limiti.

Il valore della valutazione nella didattica formale

Uno degli aspetti principali dell'apprendimento informale e non formale, che è presente in tutti i tre progetti, riguarda il fatto che in essi il discente non è soggetto a valutazione.

Questa "libertà" fa parte dei punti di forza per questo tipo di attività, in cui si lascia, con gradi diversi, molta autonomia nello svolgimento, ed è anche uno dei principali motivi del successo e del gradimento che esse riscontrano nel pubblico, sia scolastico che generico.

Viceversa, spesso si accusa la scuola di non sviluppare l'interesse verso una data disciplina, o addirittura di scoraggiarla proprio attraverso pratiche troppo severe, in primis interrogazioni e prove, con la conseguente attribuzione del voto.

Ciò non deve però portare ad un fraintendimento: capisco che essere valutati generi ansia, a volte frustrazioni, e che la valutazione sia comunque percepita dagli studenti come un fatto sgradevole, ma la funzione della scuola è prima di tutto l'istruzione e la formazione di un individuo, non il suo intrattenimento, ed essa deve preparare lo studente alle difficoltà e alla serietà del mondo del lavoro o dei corsi universitari.

Questo grande incarico che la scuola si assume, inoltre, è solo in parte rivolto agli studenti, per un'altra parte è rivolto alla società: è anche per quest'ultima, infatti, che una scuola svolge il suo mandato. Non è pensabile che la scuola consegna un diploma – di fatto, un certificato che attesta il raggiungimento di determinate conoscenze, competenze e qualità da parte dello studente, e che come tale viene "speso" – quando al certificato non corrispondano affatto i requisiti. E questa funzione si esplica anche attraverso la severità e la selezione. Si dovrebbe ricordare più spesso che una scuola senza severità, in cui si inventano pseudo-competenze e pseudo-obiettivi facili da raggiungere solo per giustificare un'elargizione gratuita di valutazioni positive, crea un danno alla società, oltre che ai singoli, e che questo danno è molteplice: si illudono gli studenti facendo loro credere di aver raggiunto una buona preparazione, togliendo loro lo stimolo a migliorare; si concede a persone non qualificate di accedere ad impieghi per i quali non hanno sufficienti competenze; si affollano

le aule e i corsi universitari di persone che credono di essere adeguate all'impegno richiesto, quando invece non lo sono, con un aggravio delle spese e un disagio per chi partecipa a maggior titolo; si infonde nelle persone il disprezzo per la cultura; non si riconosce il valore del merito, e si svilisce lo sforzo di quanti invece si impegnano per riuscire.

Quale vantaggio potrà mai venire da una linea di condotta che livella verso il basso la cultura, le conoscenze, l'impegno e la serietà?

Vorrei fugare il dubbio, quindi, che il fatto che i progetti di questa tesi sposino la linea della didattica non formale, sottintendano in qualche modo una presa di posizione contro la valutazione, che invece ritengo necessaria e del tutto valida, o una disapprovazione implicita dell'istituzione scolastica e delle metodologie con cui persegue il suo scopo, perché è il contrario.

Come ripetuto anche più avanti, queste attività sono intese come complementari all'intervento della scuola, gli si affiancano per un operato congiunto e in sinergia; come si dice: "un colpo al cerchio e un colpo alla botte", insomma.

Introduzione

Insegnare e comunicare la fisica

In questo lavoro presento e discuto tre proposte dedicate alla didattica e alla comunicazione delle scienze, in particolare della fisica. Nonostante ognuna abbia obiettivi specifici e si rivolga ad un pubblico definito, come verrà spiegato più precisamente nei rispettivi capitoli, queste proposte muovono da un insieme di motivazioni comuni e di sentimenti personali molto più ad ampio spettro, che riguarda la didattica e la fisica in generale e che vorrei esporre brevemente qui.

Come insegnante, ho vissuto quotidianamente la sfida di insegnare matematica e fisica ai giovani discenti, cercando di trasmettere interesse e curiosità per discipline vissute come difficili, lontane dalla vita di tutti i giorni e, a volte, sterili. Inutile dire che, invece, per me sono ricche, belle e accessibili, e sono assolutamente convinto che una buona didattica debba mirare a mostrare e valorizzare queste loro qualità, in modo che chiunque le possa apprezzare. Certo, bisogna essere disposti a provarci, e investire un po' di impegno, tempo e pensiero.

Credo anche nella necessità di promuovere il valore culturale di queste discipline, a torto classificate come “tecniche”, che contribuiscono ad una più completa percezione del mondo e a una maggior consapevolezza del vissuto quotidiano.

Ma come fare ad attrarre verso la fisica giovani distratti da mille interessi, esigenze, occasioni con cui percepirle e altrettanti strumenti con cui soddisfarle, in modi molto più rapidi e meno costosi in termini di sforzo mentale, per non dire anche più divertenti e socializzanti dello studio?

Lo stile di vita moderno, dove le comodità soddisfano esigenze e desideri quasi ancor prima che questi nascano, non prepara certo i giovani ad avere pazienza in vista di un risultato posto poco più in là nel futuro; la quantità di capricci offerta e messa a disposizione su piatti d'argento elettronici e informatici non dispone certo alla capacità di selezionare e rinunciare, per dedicarsi a poche cose ben fatte, bensì spinge ad una rincorsa precipitosa di tutto il rincorribile.

Sono convinto che nelle nuove generazioni non manchi l'interesse né il desiderio di conoscere. Piuttosto, sono andate diminuendo le occasioni di dilettersi con i fenomeni della vita quotidiana: i giochi di un tempo erano

imbevuti di traiettorie, forze, velocità e soprattutto erano vissuti direttamente, in prima persona, dal vivo, sul campo. Ora, la maggior parte delle forze, delle traiettorie e delle corse sono virtuali: non c'è un ritorno sensoriale nel lanciare con una fionda un *angry bird** sullo schermo tattile di una tavoletta elettronica (non si sente il suo peso, né serve un momento torcente dell'altra mano per tenere dritto il manico). Le curve fatte a velocità folle o gli scontri sullo schermo delle postazioni di gioco non producono sul pilota i ben noti effetti dell'inerzia, né i salti hanno un effetto sul suo stomaco o sul suo fondoschiena. Spesso anche lo scorrere del tempo e gli attriti risultano alterati (il riempimento di un serbatoio, gli spazi di arresto, lo smorzamento di oscillazioni, i tempi di caduta, gli effetti di un urto in velocità, ecc.): più simbolici e funzionali al gioco, che realistici.

Emerge una carenza sempre più marcata di esperienza diretta della fenomenologia della natura, che porta con sé una maggiore difficoltà ad affrontare la fisica e un minor numero di domande e curiosità che potrebbero trovare risposta e avere soddisfazione con lo studio della fisica.

Un secondo fenomeno, che affianca il primo e che sembra diffondersi a macchia d'olio fra i giovani, è l'adesione a credo di natura pseudo-scientifica: cristalli che curano le disfunzioni del fegato; l'iride che rivela malattie sparse nel corpo; acqua distillata che – costando più di 600 euro al litro† – deve per forza avere un qualche effetto; la fine del mondo che arriverà di sicuro in quella tal data, puntuale – anzi no, in ritardo – neanche fosse un treno, ecc.

Mi sembra che i giovani facciano sempre più fatica a distinguere un'affermazione scientifica da una che di scientifico non ha niente e altro non è, invece, che la fantasia di malati di mente e paranoici che hanno molto tempo da buttare via oppure un'astuta invenzione per spillare denaro. Emerge una fragilità della conoscenza come mai prima era successo. Troppe fonti di informazione non rigorose si sovrappongono alle poche certificate, ed essere autonomi nel valutare la scientificità di un dato o di un'affermazione diventa sempre più necessario.

Per ritornare nell'ambito didattico, non si può non tener conto del problema delle misconcezioni e delle conoscenze derivanti dal senso comune e della presenza di schemi concettuali “sensoriali” [7] [8] [9], che, se non riconosciuti e opportunamente “disinnescati”, impediscono allo studente di accogliere con coerenza la fisica studiata.

* “*Angry birds*” è il nome di un videogioco per iPad e iPhone, in cui si devono abbattere strutture in bilico, tirando uccelli-sasso con una fionda.

† Un preparato in gocce da 10 ml di soluzione omeopatica può costare fino a quasi 6 euro.

Tutti questi fenomeni e molti altri problemi portano a riflettere sulla necessità di una maggiore presenza della scienza nell'ambito del sapere collettivo, sia come argomento di studio, sia come conoscenza diffusa e prassi cognitiva. L'abitudine al pensiero razionale, il metodo scientifico, il porsi criticamente di fronte alle innumerevoli affermazioni che i mezzi di comunicazione diffondono, non s'improvvisa, ma richiede di essere coltivata con l'educazione e l'istruzione. Ben venga dunque ogni supporto a questo intento, che si affianchi e aiuti la scuola e gli altri organi formativi, che già sono impegnati su questo fronte.

Obiettivi generali

La fisica pone domande e condensa nelle risposte il meglio dell'intelletto umano che è apparso nel corso dei secoli sul nostro pianeta, custodisce le sue scoperte e presenta il suo ingegno distillato in formule, teorie, modelli e congetture. Tante domande, che avevano impegnato gli antichi, hanno oggi una risposta, alcune ancora aspettano, molte altre nuove sono sorte. Penso anche che questo grande edificio di conoscenze e di metodo che l'umanità ha eretto nel tempo, possa essere meglio apprezzato e appreso qualora si condividano gli interrogativi, le domande e le esigenze, che ne hanno spinto la costruzione.

Perciò, portare di nuovo gli studenti in contatto con i fenomeni naturali è il primo passo, secondo me, per stimolare in loro un interesse e un desiderio di conoscenza. Ritengo fondamentale, infatti, che i giovani si avvicinino alla fisica con delle domande in mente, con dubbi da chiarire, con la voglia di saperne di più, magari con l'idea di contribuire all'impresa. È così, che potranno ammirarne la potenza e la bellezza, intuirne le questioni ancora aperte, gioire dell'emersione e dell'affermazione del pensiero scientifico nell'avventura intellettuale umana e apprezzare il suo successo sulle superstizioni e sulle credenze popolari.

Restituire gli adolescenti al contatto con i fenomeni naturali è un punto di partenza, secondo me, su cui appoggiare una didattica della fisica ed è uno degli aspetti di fondo che sono comuni alle tre proposte e ne costituisce il principale intento.

Collateralmente, il tentativo è creare, attraverso la manualità e la fisicità degli oggetti e degli esperimenti, una nicchia temporale nella quale l'attenzione e le azioni dello studente possano concentrarsi a lungo su un fenomeno delimitato,

approfondendone la conoscenza ed esplorando le sue possibili variazioni, permettendo così un'assimilazione più completa e personale del fenomeno.

La direzione in cui muovono queste tre proposte è predisporre situazioni sperimentali che agevolino l'interesse e l'apprendimento tramite il coinvolgimento attivo dello studente, fornendogli materiali e occasioni per "fare".

Anche l'uso di materiali poveri e di facile reperibilità – tradizione consolidata del gruppo di ricerca in cui ho svolto il mio lavoro, con cui mi sono trovato in piena corrispondenza – rientra in quest'ottica: favorire la massima accessibilità, la piena fruibilità e un'ampia libertà di personalizzazione dell'esperimento da parte del discente.

Non ultimo, sviluppare la manualità e la dimensione spaziale è una parte importante nella crescita cognitiva: aiuta, con la concretezza degli oggetti manipolati, a creare luoghi mentali in cui collocare gli oggetti del pensiero astratto.

La sfida nel progettare esperimenti e situazioni per l'apprendimento informale e destinato ad un pubblico non esperto è sempre duplice: da un lato si devono trovare vie semplici, analogie, semplificazioni per rendere comprensibili concetti teorici difficili da afferrare, perché lontani dall'esperienza comune; dall'altro non si deve perdere la ricchezza del concetto stesso, altrimenti lo si banalizza e lo si svilisce.

Anche tarare il proprio intervento al livello dell'uditore è un compito necessario e non facile: dovendo introdurre un determinato concetto si studieranno approcci e stili completamente diversi a seconda che, per esempio, il destinatario siano bambini o adulti.

Non mi aspetto che le attività proposte in questo lavoro siano una panacea e risolvano tutti i problemi dall'oggi al domani; spero tuttavia che possano dare il loro contributo e possano costituire un'occasione in più affinché la fisica sia vissuta come un'esperienza positiva.

Imparare a comunicare

Una componente trasversale e presente in ogni azione volta a interagire con un soggetto esterno da sé è l'atto comunicativo, e una grande attenzione va prestata affinché la comunicazione risulti efficace per il destinatario a cui ci si rivolge.

Acquisire professionalità nella comunicazione è un dovere imprescindibile nel lavoro dell'insegnante e del divulgatore, ed è perciò fondamentale investire tempo e risorse anche in questo settore.

Certo, una parte nell'efficacia della comunicazione, viene da noi stessi, dal desiderio di migliorare, ricercando continuamente metodi, occasioni, esempi e situazioni che favoriscano l'apprendimento, la comprensione, l'interesse verso una determinata disciplina; dalla sensibilità nel cogliere i segnali che il soggetto ricevente emette in risposta al nostro intervento comunicativo e dall'essere sempre pronti a mettersi in gioco e in discussione per crescere.

Il resto, tuttavia, si può imparare, e non è una parte trascurabile.

Conoscere gli aspetti teorici che stanno dietro la comunicazione, apprendere i principi che regolano lo scambio di un messaggio e riconoscere che la comunicazione è una forma di relazione con l'altro, aiuta a orientare nella direzione giusta gli sforzi per comunicare con efficacia e ad analizzare i propri punti deboli.

Per questo, nel corso del dottorato ho partecipato a varie scuole di comunicazione, dove ho avuto occasione di apprendere tecniche e strumenti utili per comunicare efficacemente, nonché di svolgere esercitazioni sotto la guida di esperti, di confrontarmi in contesti nuovi con persone di ambiti diversi e, cosa rara, di venir corretto nei miei errori.

Un altro fattore che contribuisce a scambi di idee e arricchisce l'esperienza sono i convegni e gli eventi internazionali (es: GIREP, ICPE), in cui si entra in contatto con l'attività che altri gruppi svolgono e si condivide lo stato dell'arte.

Un evento importante e significativo per me, a questo proposito, è stato l'EuroScience Open Forum (ESOF) che si è tenuto nell'estate 2010 a Torino.

Tutte queste esperienze hanno lasciato il segno e hanno contribuito ad arricchire la mia professionalità di docente e comunicatore.

Capitolo 1 – Laboratori di fisica “*Scienza per gioco*”

Un progetto didattico

Un primo fronte di lavoro è orientato verso la didattica della fisica, alla quale, però, vuole affiancarsi con proposte complementari per favorire l'interesse e l'apprendimento della fisica, promuovendo tipologie meno formali di apprendimento, che si affianchino all'intervento istituzionale e si propongano come un utile completamento. Sono lasciati alla scuola l'onore e l'onere di un'azione strutturata e organica, che sviluppi nel discente una conoscenza più analitica e dettagliata della fisica.

Tipologie che, pur mirando a veicolare un contenuto, ponessero in primo piano l'attività laboratoriale, in cui lo studente avesse un ruolo attivo, maggiore libertà di azione, vincoli temporali meno ristretti e in cui non fosse condizionato dall'assegnazione di un voto.

I laboratori in oggetto sono stati introdotti fin dai primi anni '90 dal Laboratorio di Comunicazione delle Scienze Fisiche e ospitati dal Museo Tridentino di Scienze Naturali (attualmente, al Museo dell'Aeronautica Gianni Caproni, una sua sezione staccata), e testimoniano il grande impegno che il Laboratorio di Comunicazione delle Scienze Fisiche ha sempre infuso verso una didattica concreta, partecipata e di carattere laboratoriale [10].

L'intento era fornire ai docenti idee ed esperimenti su come presentare contenuti di fisica attraverso il laboratorio, in modo che poi essi replicassero autonomamente gli esperimenti nelle rispettive scuole. Perciò, pur essendo il laboratorio offerto a tutta la classe, esso doveva fornire un esempio sul campo di queste metodologie.

Nel tempo, tuttavia, l'impianto originale era evoluto, corrompendosi di esecuzione in esecuzione e contaminandosi con contributi spuri, fino a rendere difficile riconoscere in esse le idee e lo spirito che avevano portato a determinate scelte stilistiche e metodologiche. Allo stesso tempo, anche il gradimento da parte degli insegnanti mostrava un certo calo.

D'intesa con le parti coinvolte, perciò, si è pensato che fosse opportuno un rinnovamento, fisiologico dopo tanti anni, che rinfrescasse l'idea originaria di stimolare i ragazzi con problemi ed esperimenti attraenti, creativi, diversi da quelli proposti a scuola e restituisse ai laboratori l'efficacia iniziale e gli permettesse di rimettersi al passo con i tempi.

Per un tale compito era necessaria la supervisione di una persona esperta contemporaneamente nei settori disciplinare e metodologico-didattico, che garantisse la correttezza dei contenuti e avesse l'esperienza e la competenza per intervenire con consapevolezza e cognizione di causa.

Questa revisione ha comportato un attento lavoro mirato a rivedere le procedure, rinnovare i materiali, migliorare le metodologie, modificare i contenuti, reinventare i contesti.

Le fasi del progetto

Obiettivi specifici

Gli obiettivi della revisione erano diversi:

- aumentare le fasi in cui gli studenti avevano una parte attiva, introdurre ulteriori momenti di interazione diretta (domande, quesiti, presenza alla lavagna), riducendo al minimo le parti puramente frontali;
- sostituire esperimenti poco interessanti con altri più attraenti ed efficaci, a volte ripensando *ex-novo* l'intera impostazione del laboratorio, per esempio dando più spazio a metodologie di *problem solving*; e di *learning by inquire*;
- migliorare i materiali, con il contributo di nuove idee;
- suddividere i laboratori in pochi grandi temi principali, evitando eccessive frammentazioni o confuse proliferazioni dell'offerta;
- ripensare le tempistiche, adattandole alle capacità di attenzione degli alunni o, dove possibile, alle esigenze della scuola;
- introdurre l'uso della lavagna multimediale e modificare di conseguenza le metodologie di conduzione;

Osservazione sul campo

Si è proceduto dapprima con un'accurata osservazione e analisi delle esecuzioni di detti laboratori, assistendo direttamente agli incontri e annotando di volta in volta, punti deboli e punti di forza, del progetto in sé, dell'esecuzione stessa, ma anche della tipologia di esperimenti, dei materiali usati, della sequenza logica, della scansione temporale, e infine delle reazioni degli alunni (grado di interazione, partecipazione, interesse, comprensione, ecc...).

In questa fase sono stati raccolti anche informazioni e commenti da parte sia degli operatori e che degli insegnanti che partecipavano.

Analisi e revisione

Successivamente, si è proceduto ad un'analisi dei dati raccolti e ad un'attenta valutazione delle informazioni, che andavano a formare il quadro della situazione. Alcune indicazioni emerse erano di carattere generale si applicavano trasversalmente a tutti i laboratori, altre, invece, erano specifiche.

Alla luce di quanto emerso, si è proceduto a migliorare quelle parti ritenute deboli, fra contenuti, metodologie, esperimenti, materiali e percorsi.

È importante notare che ogni laboratorio è stato approntato per una fascia scolastica precisa (grossolanamente distinta dal tipo di scuola frequentata). Perciò, in ognuno di essi sono stati definiti precisi obiettivi e determinate metodologie per raggiungerli, in relazione alle capacità espresse dai discenti. Si è fatto leva su competenze formali, matematiche, logiche e di astrazione, per esempio, là dove l'età e il percorso scolastico lo consentivano.

Ciononostante, può succedere che un laboratorio pensato per la scuola secondaria di primo grado soddisfi anche le esigenze di una classe del biennio di una scuola secondaria di secondo grado, questo perché non tutti i temi vengono affrontati con lo stesso grado di profondità in scuole differenti. Inoltre, nulla vieta che uno stesso laboratorio possa presentare contemporaneamente diversi livelli di conoscenza e prestarsi a essere interpretato in più gradi di complessità. Come la bellezza è negli occhi di chi guarda, così persone diverse che partecipano allo stesso esperimento possono acquisire conoscenze distinte e arricchirsi di concetti diversi, anche solo in virtù della differenza di preconcoscenze, dell'unicità dei loro pensieri e della peculiarità dei loro ragionamenti. A ben pensare, questo accade anche all'interno della stessa classe e pur essendo allo stesso livello, dato che ogni alunno è comunque un'identità a sé stante.

Un aspetto particolarmente delicato, che ha richiesto profonda attenzione e attento studio, è stata la determinazione della durata dei laboratori: le scuole chiedevano di accorciare i tempi per agevolare le trasferte, la direzione del museo desiderava ridurre il tempo per snellire l'organizzazione e la turnazione dei laboratori. L'esigenza didattica del laboratorio, invece, era esattamente opposta: per permettere un'efficacia reale dell'intervento dovevano essere garantiti i tempi lunghi, in cui trovassero spazio tutte le fasi del processo di apprendimento: osservazione di fenomeni, proposta e discussione di ipotesi, verifica e consolidamento.

Alla fine, si cercato un compromesso accettabile: da una durata originaria di 2,5 e 3 ore, si è passati a una durata di 2 ore per quasi tutti i laboratori, e di 3 per quello su atomi e molecole, più complesso.

Panoramica sintetica dei laboratori

La tabella 1 sottostante presenta l'elenco dei laboratori di fisica oggetto della revisione, con la scansione temporale del rilascio, l'ambito disciplinare e il grado di istruzione a cui sono destinati [11].

Periodo	Titolo	Argomento	Destinatario principale	Durata
Novembre 2010	La vasca di Archimede	Galleggiamento	Sc. Primaria	2 ore
	L'immersione... fa la forza!		Sec. 1° grado	
	Liquidi a galla, liquidi a fondo	Densità		
Dicembre 2010	Percorsi di luce	Luce - ottica	Sec. 1° grado	
	Facciamo luce sui colori	Luce -colori		
Gennaio 2011	Anche gli atomi nel loro piccolo...	Fisica moderna	Sec. 1° e 2° grado (biennio)	3 ore

Tabella 1 - Prospetto dei laboratori "Fisica per gioco" oggetto dell'intervento.

La revisione ha avuto il suo completamento nella realizzazione delle tracce per l'operatore, che contengono la descrizione dei materiali, delle procedure e alcune note e attenzioni didattiche da avere durante lo svolgimento del laboratorio. Questi documenti sono il frutto della collaborazione con alcuni operatori didattici del museo, i quali hanno affiancato agli aspetti più teorici e disciplinari propri del fronte universitario e di ricerca, preziosi aspetti pratici-metodologici e una comprovata esperienza con i gruppi di classi di vari livelli di età e istruzione, indispensabili per la realizzazione di percorsi didattici realistici (per tempi, modi e possibilità).

Implicitamente, le tracce contengono anche il contributo indiretto di docenti che hanno fornito preziosi commenti e suggerimenti attraverso i canali opportunamente predisposti dall'organizzazione.

Descrizione dei singoli laboratori

Al fine di avere una corretta visione di insieme del lavoro svolto, verranno presentati ora i singoli laboratori su cui si è intervenuto, e ne verranno descritte le modifiche attuate, adducendo, là dove opportuno, motivazioni o eventuali commenti utili a comprendere le scelte effettuate.

La rassegna qui presentata ha carattere riassuntivo; per i dettagli si rimanda alle singole tracce per l'operatore riportate in appendice.

La vasca di Archimede

Sostituisce il laboratorio del “Galleggiamento” per quanto riguarda la scuola primaria. In questa fascia d'età sono molto importanti il gioco, l'esperienza sensoriale e la libertà di esplorare i fenomeni secondo la propria ispirazione. Per questo si è studiata una raccolta di situazioni in cui i bambini sperimentino in prima persona effetti curiosi o divertenti dell'acqua sui corpi immersi, quali:

- immergere pietre pesanti e sentire la differenza di peso *percepito*, sostenendole dentro e fuori dall'acqua;
- immergere in un secchio pieno d'acqua un braccio avvolto in un sacchetto di nylon, per sentire lo schiacciamento dovuto alla pressione dell'acqua;
- far affondare delle mattonelle di polistirolo adagiandovi sopra pesi sempre maggiori;
- modificare l'assetto di galleggiamento/affondamento di particolari oggetti, aggiungendo sale all'acqua e poi pesare sulla bilancia volumi uguali di acqua e di acqua e sale per cercare di capire la causa della differenza di comportamento.

Il ricorso a giochi didattici completa il quadro degli strumenti utilizzati: a tutti i livelli, infatti, ma specialmente nella fascia della scuola primaria, il gioco è la prima forma di apprendimento. Perciò contenitori con liquidi non miscibili e a densità diversa, che formano una superficie di separazione che simula quella fra aria e acqua e su cui galleggia una barchetta, forniscono sempre ottimi punti di partenza per incuriosire e far nascere interrogativi. Anche un classico diavoleto di Cartesio, realizzato con fialette e bottiglie, è in grado di stupire l'osservatore e conquistarlo. Non importa se lo stupore e gli interrogativi non trovano una risposta completa ed esaustiva, anzi: è proprio quel certo grado d'insoddisfazione, gli spiragli lasciati aperti, che inducono a cercare ulteriori risposte e a volerne sapere di più.

La sequenza degli esperimenti e l'alternarsi di momenti di gioco, brainstorming, di esperimenti, di discussione guidata e l'impiego di strumenti multimediali

mirano a rendere efficace il percorso e a condurre il bambino a porsi domande e a cercare risposte, a vincere piccole sfide e divertirsi.

L'immersione... fa la forza!

Costituisce la versione per le scuole secondarie di primo grado e per il biennio di secondo grado del laboratorio sul galleggiamento. Questo è il laboratorio che ha subito uno stravolgimento sostanziale tanto da poter essere considerato un laboratorio nuovo. Si è voluto riprodurre il problema della corona affrontato da Archimede, così come lo tramanda la leggenda [12]. Si è pertanto provveduto a costruire

- una bilancia a bracci uguali (in legno);
- due corone che avessero lo stesso peso ma volume diverso (entrambe le corone hanno un corpo identico in acciaio, ma nella prima, quella “autentica”, sono di acciaio anche i denti, nella seconda, quella “contraffatta”, i denti sono di alluminio);
- due blocchetti di acciaio massiccio di peso uguale a quello delle corone.

I pesi dei diversi componenti sono uguali entro il decimo di grammo. La differenza di volume delle corone, invece, equivale ad una decina di grammi d'acqua, e perciò non è rilevabile ad occhio nudo, mentre lo è per la bilancia, che ha una sensibilità inferiore al grammo.

Nella prima parte, si pone agli studenti il problema di determinare “l'autenticità” delle due corone, lasciando che propongano vari tentativi e che scoprano se sono risolutivi oppure no (per esempio la pesata semplice), finché si giunge alla pesata in acqua, che mostra una differenza.



Figura 1 - La bilancia con le due corone: in aria si equilibrano (a sinistra), mentre in acqua sono sbilanciate (a destra). Nella realtà la pesata non avviene fra le due corone, bensì fra corona e blocchetto massiccio (non visibile in foto): la differenza in peso si manifesta allora solo con la corona “contraffatta” e immersa in acqua.

Dopo una discussione volta a riassumere e a focalizzare le osservazioni, una seconda parte è riservata a fare prove mirate e di tipo quantitativo con oggetti e strumenti appositi, per capire l'origine della forza di Archimede e arrivare infine ad enunciarne il principio.

Rispetto alla versione per la scuola primaria, in questa si dà più spazio alla misura e alla rappresentazione dei dati, ponendosi come obiettivo di sfruttare e sviluppare competenze matematiche e logiche più elevate.

Il tempo previsto per lo svolgimento è rimasto quello originario di due ore.

Poco tempo dopo la sua edizione, questo laboratorio ha richiesto una duplicazione dei materiali per far fronte all'elevato numero di richieste da parte delle scuole.

Liquidi a galla, liquidi a fondo

Laboratorio per le scuole secondarie di primo grado, rappresenta la prosecuzione del laboratorio sul galleggiamento, e ne costituisce un approfondimento. Il tema trattato è la densità dei materiali e muove i passi dallo studio della stratificazione di liquidi diversi (acqua, olio, alcool e miscela acqua-alcool). L'obiettivo è di portare lo studente a capire i fondamenti del principio di Archimede e il fatto che la parte immersa di un oggetto che galleggia è in rapporto alla densità dell'oggetto e del liquido.

L'attività comincia dalla presentazione agli studenti di alcuni giochi e piccoli oggetti il cui funzionamento è basato sulla densità di liquidi diversi. Si procede poi con una parte in cui si pongono delle questioni su peso e volume, si chiede agli studenti di fare delle previsioni e di giustificare le proprie affermazioni, e infine si effettuano misure per verificare le risposte date e dare un contributo quantitativo.

In questo caso si sono sostanzialmente mantenuti gli esperimenti originali.

Percorsi di luce

Il primo dei due laboratori di ottica intende affrontare il tema dell'ottica geometrica, per capire come la luce si propaga nell'aria e quali fenomeni accadono quando essa attraversa mezzi diversi. Anche qui si sfruttano oggetti e strumenti quali vaschette d'acqua, laser, specchi e giochi didattici ("Mirage"*) per suscitare interrogativi, risolvere problemi e trovare risposte. Fra gli esperimenti introdotti, si segnalano:

* Si tratta di due specchi concavi (parabolici), disposti uno sopra l'altro come una conchiglia bivalve: sospesa sopra il foro dello specchio superiore si forma l'immagine tridimensionale di un oggetto posto all'interno.

- asta e raggio laser che, viaggiando paralleli, si tuffano obliquamente in una vasca piena d'acqua: del the disciolto in acqua rende visibile il tragitto del laser, mentre in aria questo è visibile grazie a della nebbia prodotta con un generatore ad ultrasuoni. A seconda del punto di vista, si vede l'asta spezzarsi e il raggio di luce penetrare rettilineamente o viceversa, l'asta entrare dritta e la luce curvare (fig. 2);
- una serie di specchi piani alti e stretti che si possono affiancare in modo tale da formare specchi piani, concavi o convessi, così da studiarne convergenza, divergenza e punti focali grazie al raggio di un puntatore laser (fig. 3);
- applet multimediali per illustrare il funzionamento delle lenti.

A fianco di questi sono stati mantenuti esperimenti già presenti in precedenza e collaudati, quali dimostrazioni con fibre ottiche, vaschetta e moneta (fig. 4), gioco didattico “Mirage”, lenti di vario tipo e fogli fosforescenti .

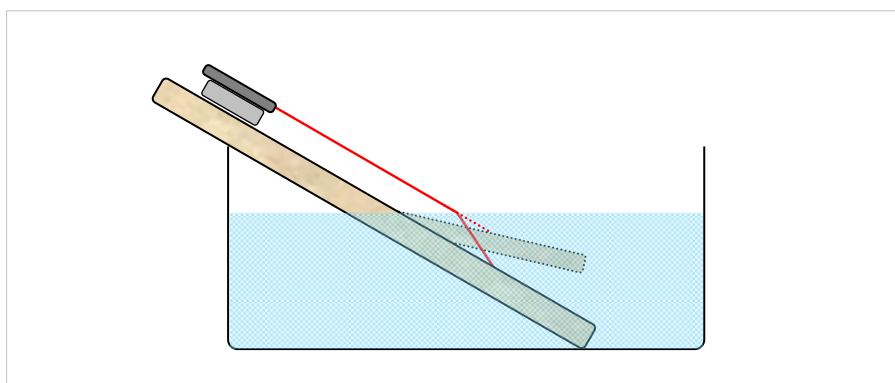


Figura 2 - Esperimento dell'asta e del laser con le due viste sovrapposte: se si guarda di fianco, si vede l'asta entrare dritta e il raggio laser deviare, se si guarda da sopra, sembra il contrario. Qual è la situazione “reale”?



Figura 3 - Con una serie di specchi alti e stretti si possono spiegare le proprietà ottiche degli specchi curvi, in particolare la focale degli specchi parabolici.

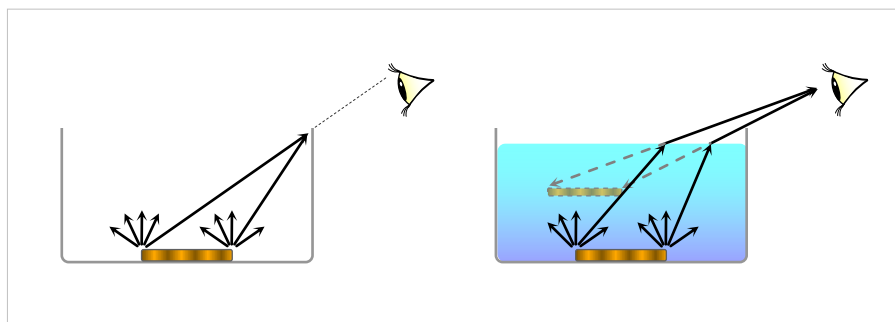


Figura 4 - Esperimento della moneta: senz'acqua, il bordo la nasconde all'occhio (sinistra); con l'acqua, essa diventa visibile (destra).

Facciamo luce sui colori

Con questo laboratorio si vuole far riflettere i ragazzi sulla natura dei colori, ponendo l'attenzione sia sui meccanismi con cui essi vengono percepiti dall'occhio sia sul ruolo chiave che ha la luce in questo processo.

Attraverso esperimenti che portano a scomporre la luce nei suoi componenti, a capire il funzionamento delle terne di colori fondamentali in relazione alle due sintesi, additiva e sottrattiva, lo studente prende coscienza del fatto che il colore non è una proprietà intrinseca dell'oggetto, bensì il risultato dell'interazione dell'oggetto con la luce che lo illumina, e che il tutto è sempre mediato dalla percezione* (fig. 5).

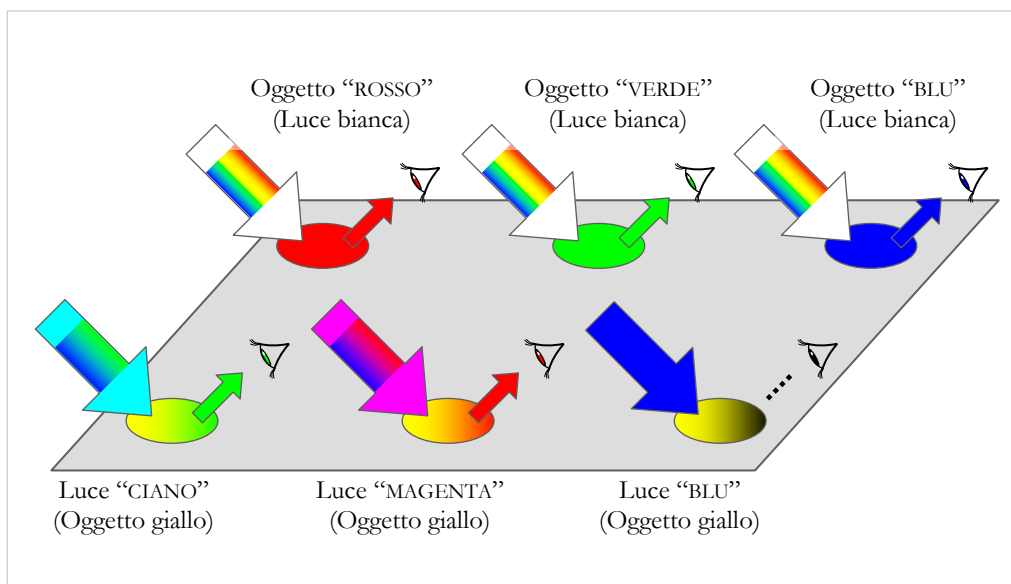


Figura 5 - L'illustrazione mostra come appare il colore sotto combinazioni diverse di luce incidente e tinta dell'oggetto illuminato.

* Può essere utile ribadire il fatto che i colori non hanno un'oggettività fisica: il "rosso" con cui io vedo il colore rosso è una creazione del mio cervello e potrebbe differire da quella creata (percepita) da un altro individuo. Per quanto si sa, i pipistrelli o i delfini potrebbero altrettanto bene "vedere" un suono, qualora il loro cervello attribuisse un colore alle frequenze acustiche del loro sonar.

Anche gli atomi nel loro piccolo...

Questo laboratorio vuole invitare gli studenti delle scuole secondarie di primo grado e dei bienni di quelle di secondo grado a confrontarsi con scale tipiche del mondo atomico e a conoscere gli inusuali e controintuitivi fenomeni tipici del mondo quantistico. Partendo da una familiarizzazione con le dimensioni molto piccole e la notazione per rappresentarli, si esplorano dapprima i modelli atomici, si gioca con i legami chimici, con rappresentazioni di reazioni, e infine si cerca di visualizzarne la doppia natura di onda e particella, l'interazione della radiazione luminosa con la materia e si introduce il principio di indeterminazione.

Fra tutti, è il laboratorio più complesso: la difficoltà dell'argomento si manifesta a molti livelli, dall'avere un'idea delle dimensioni all'immaginare comportamenti lontani dalla percezione sensoriale, dal concetto di quantizzazione a quello di onda, toccando concetti come spettro, fotone, interferenza, radiazione elettromagnetica, emissione e assorbimento.

Per tutte queste fasi sono stati studiati, in collaborazione con gli operatori del museo, dei giochi sia individuali che a squadre, applet interattive, momenti pratici di costruzione di modelli di molecole con biglie e molle, per invogliare gli studenti a riflettere su questo mondo invisibile ma così determinante.

In questo laboratorio si fa ampio uso ad applet che visualizzano l'aspetto e la natura degli orbitali, e si sfruttano animazioni che simulano transizioni dell'atomo fra stati energetici diversi o di molecole che formano legami chimici. Senza questi strumenti sarebbe molto difficile dare ai ragazzi un'idea di ciò che accade microscopicamente in quelle situazioni.

La scelta stessa di introdurre al livello di scuola secondaria di primo grado concetti molto astratti e lontani dal senso comune quali gli orbitali dell'atomo, i livelli energetici e l'onda di probabilità, è stata supportata da una lunga preparazione e da un'attenta progettazione del percorso, attività che è stata oggetto anche di una tesi di dottorato [13].

Interventi minori su altri laboratori

Una serie di ulteriori piccoli interventi e migliorie, la cui entità è troppo piccola per costituire oggetto di studio, ha riguardato altri laboratori, sia di ambito fisico che di ambito matematico. In alcuni casi si è trattato della creazione di un'animazione, in altri di suggerimenti sparsi, o ancora di elaborazione di materiali.

L'esempio più rilevante riguarda il laboratorio "Pitagora, tra matematica e musica", dove si sono realizzate tre animazioni per illustrare altrettante

possibili scomposizioni sul teorema di Pitagora (il cosiddetto il “puzzle di Perigal”, il puzzle cinese e una terza dimostrazione).

Sotto il velo della semplicità

La natura è sempre complessa, in ogni sua manifestazione reale. Complessa a tal punto da rendere esageratamente complicata, se non impossibile, una sua modellizzazione matematica che sia fedele sin nei più piccoli dettagli.

Ecco, infatti, che subito dietro l'apparentemente semplice meccanismo di funzionamento di un gioco, ad es. il diavoleto di Cartesio, si spalanca una voragine di concetti sofisticati: la fluidodinamica del moto nell'acqua, che con il suo numero di Reynolds discrimina fra moto turbolento e laminare; il concetto di instabilità secondo Ljapunov, che interviene se si vuole descrivere le sorti del diavoleto fermo immobile a metà altezza; l'emergere di nuovi fenomeni macroscopici collettivi dall'insieme delle interazioni microscopiche, come il principio di Archimede stesso, che vale per un volume finito e non per una singola molecola.

Un secondo esempio di situazione apparentemente semplice, ma nelle quali la fisica soggiacente è difficile, si incontra nei laboratori di ottica geometrica: le leggi fenomenologiche di Snell, il legame fra indice di rifrazione e velocità di propagazione della luce nel mezzo e il principio di Fermat trovano spiegazione solo in seno alla teoria dell'elettromagnetismo.

Anche nel laboratorio sulla luce e i colori, si scorge come argomentazioni semplici e apparentemente ben definite nascondano questioni molto sottili, la cui discussione richiede conoscenze e modelli avanzati di fisica. Il concetto di “colore giallo”, per esempio, meriterebbe un'approfondita analisi: una lampada al sodio non emette lo stesso tipo di radiazione elettromagnetica di una superficie che, sotto luce bianca, appare gialla allo stesso modo. Nel primo caso, viene emessa una radiazione ad una precisa lunghezza d'onda (circa 590 nm, caratteristica del sodio) mentre nel secondo caso, invece, la luce diffusa potrebbe non contenere affatto tale componente, e potrebbe benissimo essere una commistione di luce rossa e verde. Il colore percepito è lo stesso, tuttavia, perché entrambe attivano allo stesso modo i recettori dell'occhio. Si vede qui come il concetto stesso di colore non abbia una base fisica oggettiva, ma sia il risultato - soggettivo - dell'elaborazione e dell'interpretazione sensoriale che compie il cervello dell'osservatore.

Gli esperimenti presentati con i laboratori, quindi, si prestano sempre ad essere interpretati a diversi livelli di approfondimento. È sempre opportuno che gli operatori abbiano conoscenze superiori a quelle che sono impegnati a comunicare e un livello di comprensione maggiore e a più ampio spettro dell'argomento trattato. Anche se non viene esplicitata durante la conduzione ordinaria del laboratorio, questa conoscenza profonda deve essere presente nell'operatore, perché solo grazie ad essa egli è in grado di generare autonomamente una risposta corretta e coerente ad una domanda non prevista. Come se non bastasse, alcuni temi appaiono particolarmente difficili di per sé, anche senza andare a scavare (per esempio i modelli atomici): a questi argomenti è stata dedicata una cura ed un'attenzione maggiori, affinché gli stadi del percorso fossero il più possibile comprensibili e chiari.

Risultati e discussione

I laboratori sono stati rilasciati in sequenza nel corso dell'anno scolastico 2010/2011 e sono stati accompagnati fin da subito da appositi incontri di presentazione ai docenti. Le adesioni sono arrivate di conseguenza, ma per i laboratori rilasciati per ultimi, si è dovuto attendere l'anno successivo per avere un quadro abbastanza indicativo delle richieste.

I dati raccolti dall'amministrazione del Museo Caproni sono riassunti sotto (tab. 2 e fig. 6): il numero di studenti partecipanti ai diversi laboratori negli ultimi tre anni è confrontato con l'affluenza ai laboratori dei due anni precedenti; l'elenco è per gruppi tematici e non per singoli laboratori, in quanto alcune versioni non esistevano precedentemente nella forma attuale rielaborata.

Anni Scolastici	Galleggiamento	Luce/Colori	Atomi	Aria/Volo*
2008-09	292	272	361	-
2009-10	236	410	374	-
2010-11	490	146	200	978

Tabella 2 - Numero di studenti partecipanti ai diversi laboratori negli ultimi tre anni.

* Questo laboratorio non è coinvolto nel presente lavoro, ma viene riportato perché la grande affluenza registrata potrebbe aver avuto ripercussioni sugli altri laboratori, come spiegato nella discussione.

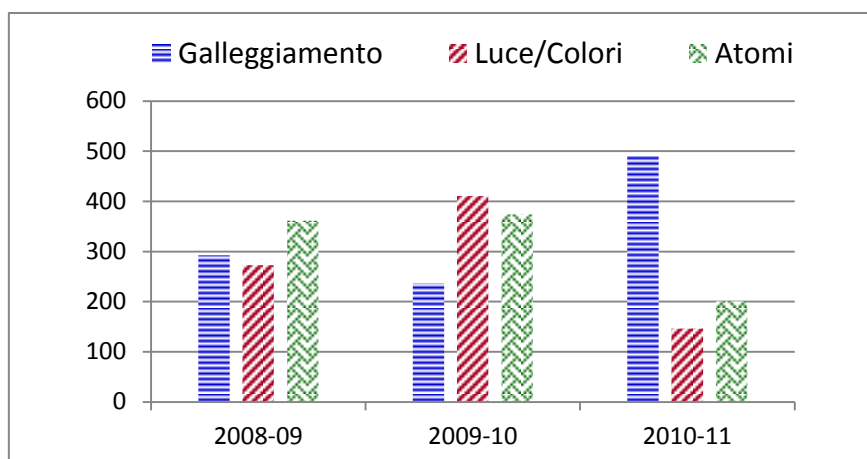


Figura 6 – Istogramma del numero di studenti partecipanti ai diversi laboratori negli ultimi tre anni.

Osservando il dettaglio delle presenze alle nuove versioni nell'anno di rilascio (tab. 3 e fig. 7), si può notare come per alcuni dei laboratori (luce/colori, atomi) è continuato un andamento decrescente, mentre per altri (galleggiamento) c'è stata una netta inversione di tendenza.

La vasca di Archimede	62
L'immersione... fa la forza!	321
Liquidi a galla, liquidi a fondo	107
Percorsi di luce	19
Facciamo luce sui colori	127
Anche gli atomi nel loro piccolo...	200

Tabella 3 - Numero di studenti partecipanti alle nuove versioni nell'anno scolastico di rilascio.

In particolare per “L'immersione... fa la forza!” e “La vasca di Archimede” il gradimento è stato molto alto.

Per quanto riguarda l'andamento sottotono degli altri, si è riflettuto sulle possibili cause, e si è arrivati a formulare le seguenti ipotesi:

- innanzitutto, si è riconosciuto un minore grado di innovazione in questi laboratori rispetto agli altri. Ciò ha sicuramente comportato una ridotta attrattiva, non tanto da parte degli studenti, per i quali questi temi costituivano

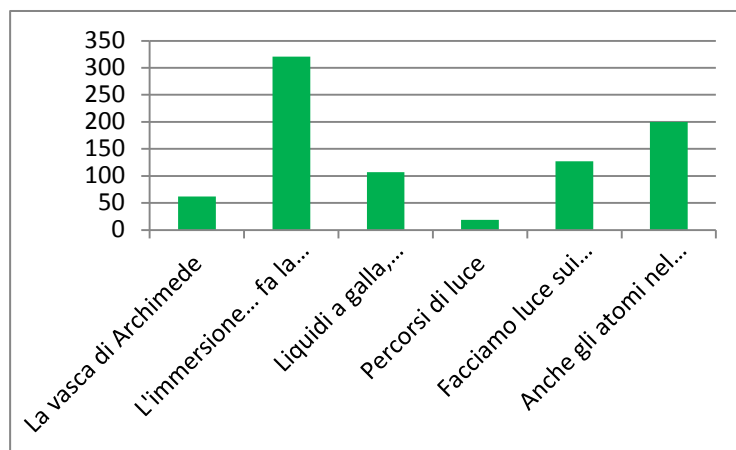


Figura 7 – Istogramma del numero di studenti partecipanti alle nuove versioni nell'anno scolastico di rilascio.

comunque una novità, bensì per gli insegnanti, che, avendoli seguiti più volte negli anni precedenti, hanno preferito variare;

- è possibile che a questo risultato abbia contribuito la progressiva riduzione di tempo e risorse che ha interessato la scuola negli ultimi anni: i docenti, dovendo limitare le attività di questo tipo, ha privilegiato laboratori di argomenti diversi;

- la concomitante partenza di nuovi laboratori di fisica del volo ha richiamato la maggioranza dei docenti su questo tema, che ha costituito senza dubbio un forte concorrente, anche alla luce delle considerazioni di cui al punto precedente. Questo è probabilmente il fattore più significativo, considerando che in totale, nello stesso anno, questi laboratori hanno totalizzato quasi mille presenze (v. tabella sopra).

Questo quadro potrebbe indicare che forse i laboratori oggetto del lavoro siano ormai un po' superati, sia come argomenti, sia come tipologia. Tuttavia, considerando che le nuove generazioni di studenti che si susseguono ogni anno non conoscono ancora i laboratori e che quindi essi restano una valida novità, si può ricavare l'ulteriore indicazione che il docente non sceglie pensando solamente ai suoi studenti, ma anche al proprio interesse personale, rivelando di ritenere queste attività formative anche dal suo punto di vista.

Sembra quindi necessario non solo fornire stimoli agli studenti, ma anche infondere quel grado di novità che invogli l'insegnante a partecipare ripetutamente allo stesso laboratorio, così da contribuire a mantenere vivo in loro stessi l'interesse. Ben venga quindi un rinnovamento dei laboratori che, non danneggiando gli studenti, riesce comunque ad incuriosire i docenti.

Possibili sviluppi

Molte possibili evoluzioni di questi laboratori meritano di essere considerate, sia per estenderne l'utenza sia per ampliare gli ambiti disciplinari coinvolti. Proprio nella direzione di un rinnovamento radicale, sarebbe interessante sperimentare ambiti nuovi, in particolare:

- allestire una serie di laboratori su elettricità, magnetismo e termodinamica (a diversi livelli per la scuola secondaria di primo e secondo grado), ripristinando versioni che in origine erano state proposte, ma che in seguito sono state abbandonate per insufficiente preparazione degli operatori;

- aprire un filone informatico, che partendo dalle porte logiche di base (AND, OR e NOT), arrivi alla codifica binaria dei numeri, e da qui possa eventualmente sviluppare anche un approfondimento sull'impiego di transistor CMOS per la loro realizzazione pratica. Più in dettaglio, le porte logiche AND e OR si potrebbero visualizzare molto bene con interruttori collegati in serie e in parallelo, comandati manualmente che accendono e spengono una lampadina. La porta NOT richiederebbe l'uso di un *relais*. Una serie di lampadine allineate, inoltre, potrebbe rappresentare un numero binario, con la sua sequenza di acceso-spento.

Per un pubblico di età prescolare si potrebbe utilizzare l'analogia con i ponti che congiungono due città separate da un fiume (o da un fiume e un burrone uno parallelo all'altro) e raccontare una storia di come una delle due possa impedire l'invasione delle truppe dell'altra nei due casi (ponti in serie e in parallelo), o nella versione complementare, con quale configurazione di ponti (agibili o interrotti) è possibile viaggiare da una all'altra.

Per l'approfondimento sulla realizzazione delle porte con transistor CMOS, sarebbe necessario descrivere il funzionamento dei due tipi di transistor (il tipo N e il tipo P) come una scatola chiusa, dopodiché l'implementazione delle porte diventerebbe abbastanza naturale. In questo caso, le porte realizzabili più facilmente sono quelle NOT (immediata), NAND e NOR, essendo il funzionamento dei transistor complementari intrinsecamente invertente;

- predisporre corsi di formazione, sia iniziale che in itinere, per gli operatori.

Capitolo 2 – *La scienza è servita:* esperimenti à-la-carte

Un'attività per il pubblico

Il secondo filone su cui si è lavorato è quello dell'intrattenimento scientifico rivolto ad un pubblico generico.

Pur essendo una materia considerata difficile, la fisica esercita sempre attrazione e interesse presso le persone; la curiosità verso i fenomeni naturali e le loro applicazioni e ricadute sulla vita quotidiana non conosce crisi. Il desiderio di saperne di più è forte in tutte le persone, indipendentemente dall'età, dall'istruzione o dalla professione. La comunicazione scientifica ha un ruolo insostituibile nella società moderna, perché trasmette contenuti, anche se semplificati e ridotti, ad una grandissima parte di popolazione che è priva di una formazione specifica, ma che spesso deve operare delle scelte, nel piccolo del quotidiano o in occasione di consultazioni a carattere nazionale come può essere un referendum. Temi come il risparmio energetico, l'inquinamento, il nucleare, la ricerca sulle cellule staminali entrano nella vita di tutti, ogni giorno, e possedere le informazioni per fare la scelta più conveniente avvantaggia sia il singolo, sia l'intera società.

Obiettivi specifici

Quasi tutti gli insegnanti amano la propria disciplina e vorrebbero rendere partecipi anche le altre persone di questo sentimento, cercando di condividere con loro la bellezza che essi vedono. “La scienza è servita” è il frutto di un impulso di questa natura. In particolare, le motivazioni dalle quali è nata sono:

- avvicinare gli studenti alla fisica o aiutarli a riconciliarsi con essa;
- diffondere l'interesse per la scienza (la fisica in particolare);
- stimolare la curiosità verso fenomeni “di tutti i giorni”;
- soddisfare la voglia del pubblico di “fare” e di mettersi alla prova;
- fornire occasioni di intrattenimento scientifico per famiglie.

Il format

“La scienza è servita” è un *format* originale per l'intrattenimento scientifico rivolto al pubblico. Si presenta come un ristorante in cui, invece di pietanze, si servono esperimenti. Un menu contiene una decina voci, le quali richiamano la

terminologia di un menu reale, ma che, di fatto, sono nomi di esperimenti che il cliente può scegliere. Effettuata la scelta, un cameriere consegna tutti i materiali e gli strumenti necessari, unitamente a delle schede esplicative illustrate, che guidano il cliente passo per passo nella realizzazione dell'esperimento e contengono anche spiegazioni del fenomeno fisico in gioco e altre curiosità ad esso inerenti.

Gli esperimenti

Gli esperimenti sono piuttosto semplici e costruiti con materiali poveri, e alcuni fanno parte della tradizione storica. Tuttavia ci si è sforzati di renderli non banali e di attualizzarli con richiami alla vita reale. In alcuni casi si è provveduto a costruire oggetti *ad hoc*, sempre partendo da materiale di uso quotidiano.

Il valore aggiunto di questo format, in ogni caso, non è nell'originalità degli esperimenti, ma nella novità del modo in cui le persone ne usufruiscono. Il cliente, infatti, non è spettatore passivo né deve dividere con altri gli spazi e i tempi, non ci sono turni; al contrario, egli è parte attiva, padrone dell'esperimento, lo assembla da sé, lo conduce, si interroga, prova e riprova, fa modifiche e variazioni sul tema; lo usa per tutto il tempo che vuole, senza limiti o restrizioni (l'unico vincolo è quello di non danneggiare i materiali e il tempo di apertura dell'attività).

Tutti gli esperimenti sono stati realizzati in triplice o quadruplice copia per due motivi: dare a più tavoli la possibilità di ordinare lo stesso esperimento contemporaneamente e avere un certo grado di ridondanza in caso di guasti o danneggiamenti.

Le schede esplicative

Grande attenzione è stata dedicata alla stesura delle schede guida, sia per i testi, sia per i disegni. Chiarezza, semplicità e attrattività sono state le parole d'ordine che hanno guidato la stesura dei testi; mentre nella costruzione dei disegni si è puntato alla massima schematicità, completezza e precisione (esempi in fig. 8).

A tutto il materiale cartaceo, poi, si è cercato di dare poi uno stile uniforme ed elegante, che corrispondesse all'ambientazione "da ristorante". Anche i nomi stessi sono stati scelti in analogia con nomi di piatti o portate reali.

Tutto questo materiale è completamente originale e realizzato di persona dall'autore appositamente per questo progetto.

Quasi tutti gli esperimenti presentati (e le loro realizzazioni), invece, sono dei classici che appartengono alla tradizione sperimentale da molto tempo, altri sono replicati o adattati da pubblicazioni divulgative [13] [14] [15], altri ancora suggeriti da esperti o appassionati; pochi sono originali.

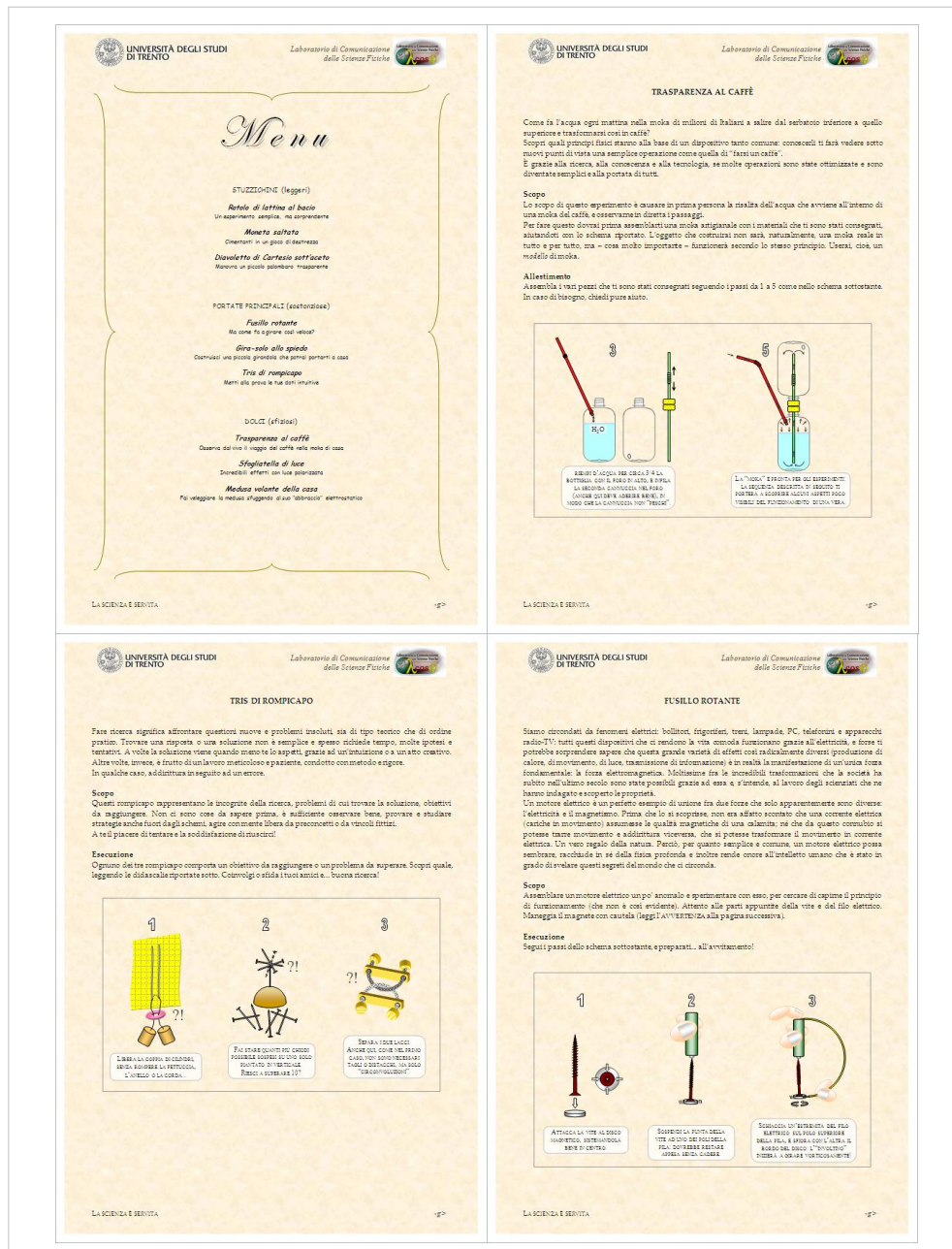


Figura 8 - Un menu (in alto a sinistra) e alcuni estratti delle schede de “La scienza è servita” (dall’alto in senso orario: *Trasparenza al caffè*, *Fusillo rotante* e *Tris di rompicapo*).

I menu e le schede sono stati pubblicati di edizione in edizione sul sito del gruppo LCSF [16], in modo che i partecipanti all’attività potessero scaricarsi una copia a colori di tutte le schede.

I menu (e con essi la scelta degli esperimenti) cambiano leggermente, da un'aggiunta all'altra, mentre i testi hanno subito una costante revisione e disegni, continue migliorie, anche tenendo conto delle reazioni del pubblico. In appendice sono riportate le schede nella versione finale.

L'allestimento

Una parte del progetto è consistita nel pensare la situazione “da ristorante” e preparare di conseguenza i materiali di supporto all'attività, talvolta realizzandoli in prima persona:

- biglietti buoni-pasto (si è deciso che ad ogni cliente fossero concesse tre ordinazioni);
- istruzioni per i camerieri su come comporre le diverse “pietanze”;
- accessori e materiali di consumo: vassoi, bidoni, brocche, contenitori per l'acqua, rotolo di carta e altri materiali per pulire e riordinare ecc.;
- menu per i tavoli con indicato sul retro l'indirizzo web (fin dalla prima edizione);
- volantini di promozione e, dalla terza edizione, biglietti da visita con indicato l'indirizzo web a cui trovare le schede a colori in formato pdf;
- estratti delle schede per un'esposizione al pubblico del contenuto degli esperimenti (dalla seconda edizione);
- libro-firma, su cui i partecipanti potevano segnare eventuali commenti (dalla seconda edizione).

La logistica dipende molto dall'edizione e dall'affluenza prevista, ma in generale prevede una sala con circa sei-otto tavolini da tre-quattro posti ciascuno, uno spazio riservato per i materiali, un bancone in cui “lo chef” raccoglie le ordinazioni e prepara le portate, e un paio di camerieri per servire ai tavoli.

Risultati e discussione

Sono quattro le edizioni de “La scienza è servita” finora offerte al pubblico della città di Trento: due in occasione della “Notte dei ricercatori” (settembre 2010 e 2011), una in occasione del festival della scienza “Aperta...mente” (Aprile 2011) e l'ultima in occasione di “Secondo Me: aspettando il Muse”, organizzato dal Museo Tridentino di Scienze Naturali.

Tre di queste hanno riportato grande successo, con una partecipazione numerosa e un alto gradimento da parte di adulti, giovani e famiglie. La scarsa

partecipazione che ha riscontrato una delle edizioni è da attribuirsi alla ridotta promozione svolta e alla scarsa visibilità del luogo scelto per l'evento.

Un'idea del gradimento e dell'impatto sul pubblico si può avere leggendo i commenti lasciati sul diario dai partecipanti; il diario è stato reso disponibile dalla seconda edizione in poi. Di seguito sono riportati i più pertinenti:

“Ottimo il pesce e il caffè” (firma illeggibile)

*“Mi sono divertito tantissimo”** (Matteo)

“Proprio una bella scorpacciata di fisica Bravi! Tutti molto gentili” (Roberta)

“Complimenti!” (Marianna)

“Bell'iniziativa, complimenti!” (Roberta)

“Suggerirei le bevande oltre alla pietanza negli esperimenti. Divertente comunque!” (firma illeggibile)

“È stato super, super, super, super, super bello, divertente e interessante!!!!” (Margherita, Erica, firma illeggibile)

“È stato molto utile” (Giulia)

“Molto interessante” (Kate, Martina, Cesira)

“Molto belli gli esperimenti... soprattutto x gli esiti inaspettati” (Fede)

(II edizione – 11-14 aprile 2011, Festival “Aperta...mente”)

“Non si finisce mai d'imparare!!!” (Irene)

“Grazie per questa serata! Gli esperimenti sono stati super-interessanti e divertentissimi. Non come a scuola!” (non firmato)

“Se siete diventati ricercatori voi, allora c'è speranza per tutti!!!” (Un ex-ricercatore)

“...E noi che non volevamo uscire per il satellite! Grazie!!!” (Ilaria, Roberta, Alice, firma illeggibile)

(III edizione – 23 settembre 2011, La notte dei ricercatori)

“Portate interessanti, presentazione buona, servizio ottimo. Esperienza da rifare” (due firme illeggibili)

“Iniziativa davvero creativa e coinvolgente” (Adriano, Ilaria, Arianna, Giulia)

* Si riferisce al “Diavoletto di Cartesio in acqua dolce” e alla “Trasparenza al caffè”.

“Cena molto appetitosa” (Elena)

“Davvero molto interessante! Un bel modo di far conoscere la fisica” (firma illeggibile)

“Io non amo la fisica ma è stato molto divertente! E lo staff è gentilissimo e disponibilissimo! Bello!?” (Anna)

“Finalmente la fisica la può conoscere anche 1 'profano” (Martina)

(IV edizione – 5 ottobre 2011)

Punti di forza

Gli aspetti positivi presenti in questa attività sono:

- in questo format, il pubblico ha un ruolo attivo e un rapporto personalizzato con gli esperimenti, che gli consente di esplorare combinazioni e situazioni diverse secondo la sua immaginazione;
- si può partecipare sia da soli che in gruppo.
- il format coniuga molto bene divertimento e apprendimento;
- il riferimento a fenomeni fisici quotidiani la rende attraente e accessibile;
- gli esperimenti sono realizzati con materiali poveri, a basso costo;
- gli esperimenti sono adatti a (quasi) tutte le età e a qualsiasi livello di istruzione;
- gli esperimenti sono facilmente selezionabili per adattarsi ad un pubblico specifico, se necessario;
- l'attività è facilmente aggiornabile, introducendo nuovi esperimenti.

Punti critici

Questa attività presenta i limiti tipici dell'intrattenimento scientifico informale, di cui i principali sono:

- la prevalenza degli aspetti qualitativi della fisica e la scarsa originalità degli esperimenti (quasi tutti sono ben noti in letteratura);
- il rischio di far apparire la fisica, sia in quanto disciplina oggetto di studio, sia in quanto ambito professionale, come mero gioco o deduzione banale di informazioni da pochi esperimenti sempre molto definiti e immediati. C'è il pericolo di trasmettere un'immagine distorta del lavoro dello scienziato, delle difficoltà che egli può incontrare nel suo lavoro, della serietà e della profondità con cui sono condotti gli esperimenti e analizzati i dati;
- non viene dato risalto al grande lavoro teorico e di costruzione di modelli che poi, nella ricerca scientifica, sta alla base dell'interpretazione di un fenomeno

fisico o dei risultati di un esperimento. Lo stesso fenomeno, infatti, può essere interpretato e giustificato alla luce di “idee” differenti.

- un altro aspetto critico è l'assenza di formalizzazione e di processi quantitativi, cosa che nasconde a chi pensasse di intraprendere lo studio sistematico della fisica, così come la presenza e l'uso di strumenti di misura a volte molto complessi. Sarebbe un errore illudere le persone facendo loro credere che la fisica sia alla portata immediata dei sensi e non richieda sforzo intellettuale astratto o conoscenze matematiche complicate.

- Gli argomenti trattati e la natura degli esperimenti non tocca conoscenze e scoperte recenti o di frontiera, dando l'impressione che la fisica sia “ferma” al secolo scorso.

- Ancora, questi esperimenti hanno un esito già noto e non sono volti a esplorare nuovi fenomeni. Anche le domande poste per incuriosire, hanno una risposta “ufficiale”, riconosciuta e accettata allo stato attuale delle conoscenze e questo potrebbe indurre i non esperti a credere che la fisica consista in una collezione di risposte immutabili, definite e che non sia invece una disciplina in evoluzione, in cui molto ancora è da capire e da scoprire, e aperta a modifiche.

Come già discusso all'inizio, è chiaro che questa forma di intrattenimento scientifico non può in nessun modo sostituirsi ai contesti necessariamente più formali e rigorosi della scuola, luogo dove per definizione si perseguono una completezza disciplinare maggiore e una scansione logica diversamente strutturata. Né si tratta di contrapporsi, bensì di integrarsi, lavorando sul fronte della motivazione e dell'interazione diretta studente-esperimento, situazioni che a scuola hanno meno possibilità di esistere.

È possibile pensare tuttavia adattamenti a particolari categorie di pubblico, cui proporre esperimenti più sofisticati e più quantitativi.

Possibili sviluppi

Da un punto di vista dei contenuti, si può pensare di ampliare la gamma degli esperimenti, magari introducendone di originali e di più complessi, per soddisfare quella parte di pubblico che ha già visto gli altri o che è più esperta (studenti di facoltà scientifiche, docenti di ambito tecnico-scientifico ecc.).

Sul fronte della presentazione al pubblico, si potrebbe aggiungere al menu l'equivalente della carta dei vini, così da rendere più completa la metafora del ristorante.

Una bella prospettiva, inoltre, sarebbe creare uno spazio permanente dove proporre un menu a pagamento, di pochi euro ad esperimento, e tentare la strada della auto-sostenibilità economica. Certo, magari aspettando un periodo finanziariamente più favorevole...

Capitolo 3 – *Esperiteca*: la biblioteca degli esperimenti

Un progetto per la cittadinanza

Il terzo dei tre progetti consiste nell'istituzione di un servizio rivolto alla cittadinanza. L'idea di questo progetto è arricchire l'offerta culturale verso i cittadini, creando un servizio che favorisca la diffusione della cultura scientifica e stimoli l'interesse verso le discipline scientifiche, agevolando l'accesso ad una pratica sperimentale ed esplorativa che ha sempre meno occasioni di realizzarsi o per sviluppare la quale non tutti hanno sufficienti risorse proprie.

Il presente progetto non è ancora stato attuato concretamente, ma è sviluppato completamente, e la sua messa in opera rappresenta il passo successivo. Si è tentato di attuarne una versione di prova, a tempo limitato, cercando la collaborazione e il sostegno della biblioteca comunale di Trento, ma come è spiegato più avanti, per motivi pratici non si è potuto realizzarla.

Obiettivi specifici

In linea con l'idea di moltiplicare le occasioni di entrare in contatto con temi di fisica e riconciliarsi con una disciplina che può aver generato diffidenza nel vissuto di molte persone, si possono evidenziare i seguenti obiettivi specifici:

- diffondere l'interesse per la scienza (la fisica in particolare)
- dare occasioni per sperimentare e conoscere fenomeni fisici comuni
- avvicinare i giovani alle scienze sperimentali
- favorire la collaborazione tra i partecipanti e la condivisione delle idee
- fornire supporto e complemento all'apprendimento scolastico
- stimolare la curiosità verso la fisica “di tutti i giorni”

Descrizione e funzionamento

Esperiteca è una “biblioteca di esperimenti”, cioè un servizio tramite il quale si vuole rendere disponibili al pubblico una serie di scatole di montaggio per esperimenti scientifici “fai-da-te”, che l'utente può richiedere in prestito e di cui può usufruire per un tempo definito. I kit contengono i materiali necessari e delle schede didattiche per eseguire l'esperimento e per comprenderne il funzionamento.

In questo modo, chiunque sia interessato potrà eseguire piccoli esperimenti a casa propria, in autonomia, senza l'onere di procurarsi i materiali o di impegnare del tempo in dispendiosi tentativi.

Studenti e docenti di scuole di ogni ordine e grado, ma anche cittadini di ogni età e professione potranno avvalersi di questa possibilità, sia per fini didattici sia semplicemente per soddisfare la propria curiosità verso le scienze.

Caratteristiche principali del progetto:

- Gli esperimenti riguardano diversi campi della fisica e sono per lo più di carattere qualitativo; sono realizzati con materiali semplici ed innocui, e non richiedono competenze specifiche.
- Ciascun kit comprende tutti i materiali e gli eventuali strumenti per realizzare l'esperimento autonomamente, ad esclusione di beni a perdere, quali: carta, acqua, tovaglioli, o attrezzi di uso comune (forbici, righelli, penne, nastro adesivo, bicchieri ecc.).
- Ciascun kit è accompagnato da due schede: una a carattere didattico, che illustra l'esperimento, le procedure, stimola l'esplorazione autonoma del fenomeno fisico e ne fornisce semplici spiegazioni, con richiami ad oggetti o meccanismi osservabili nella vita di tutti i giorni (dove possibile); la seconda, di tipo informativo, che descrive i contenuti di fisica, la difficoltà di esecuzione e la gestione dei materiali: questo per facilitare la scelta dell'esperimento e la gestione dei materiali da parte dell'utente.
- Una terza scheda, di tipo tecnico e per uso interno, simile a quella informativa, cataloga ogni esperimento in base al tema trattato, al target consigliato, al livello dei concetti in esso espressi, al grado di difficoltà della realizzazione, e importante, contiene alcune note aggiuntive sulla manutenzione del kit: questo per consentire una gestione dettagliata e il controllo dell'integrità e dell'efficienza dei materiali.
- Su un sito di supporto verrà pubblicato l'elenco degli esperimenti con associata la scheda didattica e quella informativa, scaricabile in formato pdf. I kit si potranno prenotare via mail oppure sul sito, e si ritireranno in opportune fasce orarie e luoghi appositi.
- Ogni kit deve essere disponibile in più copie (di norma da tre a cinque), per consentire un prestito simultaneo a persone diverse.

In modo del tutto analogo al prestito di libri, il prestito degli esperimenti può essere regolato da norme, quali:

- per poter accedere al servizio, l'utente effettua una registrazione ed accettare un regolamento d'uso;
- ogni prestito può essere registrato in forma anonima e archiviato ai fini di un'analisi statistica e di un miglioramento del servizio;
- alla restituzione del kit è prevista la compilazione di un questionario di valutazione (già predisposto) sull'uso che è stato fatto del kit, sul grado di utilità riscontrata, sul gradimento e per raccogliere eventuali suggerimenti;
- È possibile prevedere una cauzione, in caso di danneggiamento di parti costose.

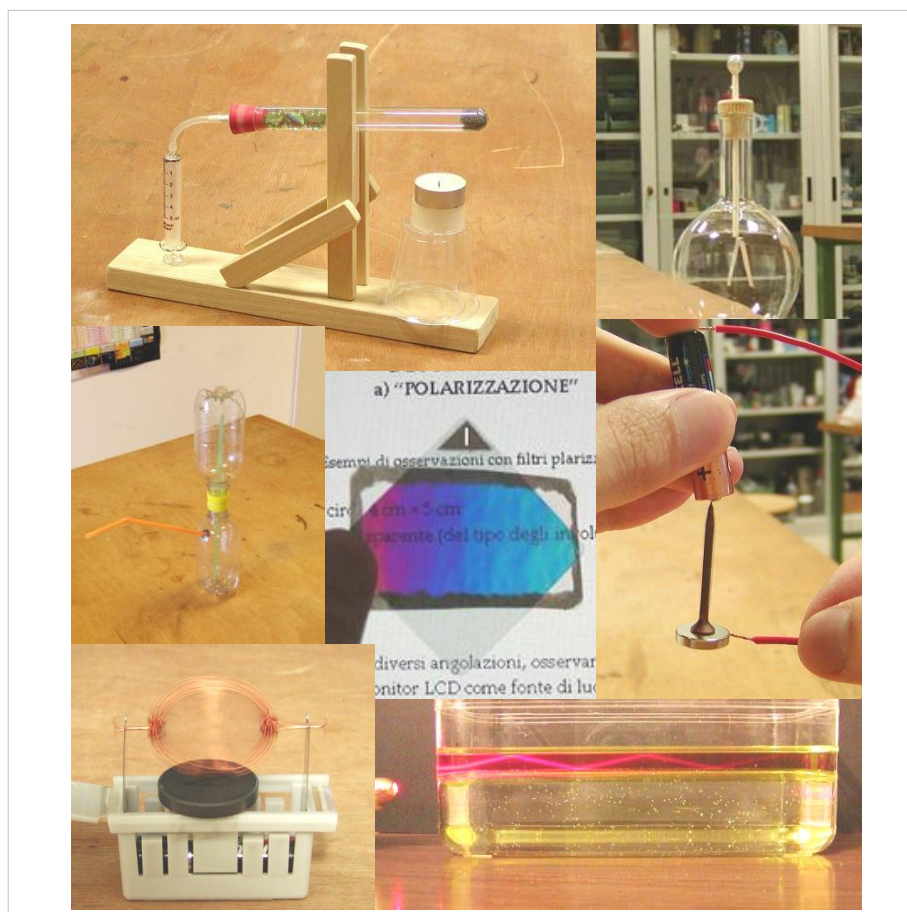


Figura 9 - Alcuni esempi di esperimenti inseribili nel progetto “*Esperiteca*”.

In appendice, vengono riportate la scheda informativa, la scheda tecnica su menzionate e il questionario. Le schede didattiche degli esperimenti, invece,

sono omesse, poiché, per quanto leggermente differenti nello stile, nei titoli e nel contesto, corrispondono praticamente a quelle de “La scienza è servita”.

Esperimenti e manutenzione

Gli esperimenti possono essere i più diversi; la base di partenza è senz’altro costituita dalla collezione di quelli de “*La scienza è servita*”, così come è ripresa anche la struttura delle schede e delle spiegazioni.

La raccolta degli esperimenti dovrebbe essere curata e ampliata nel tempo, per aumentarne l’assortimento e la valenza, anche con la volontà di incontrare eventuali richieste che dovessero provenire dagli utenti, così come la cura e l’aggiornamento di un catalogo.

Vista la particolare natura degli oggetti in prestito, oltre alla gestione del funzionamento ordinario del servizio, è necessaria la costante supervisione da parte di un esperto per mantenere i materiali in buono stato e funzionanti, per rilevare guasti e provvedere alle sostituzioni, per rigenerare i materiali consumabili, per controllare la completezza dei kit e compensare le mancanze. Questo lavoro va eseguito contestualmente a ciascuna restituzione, in modo che il kit sia subito pronto per un prestito successivo. Tutto ciò potrebbe portare, in un’ipotesi ottimistica, alla genesi di figure professionali inedite e di nuovi posti di lavoro.

Punti di forza e limiti

Sui risultati in termini di adesione e gradimento da parte degli utenti non è possibile esprimersi, in quanto si tratta di un progetto ancora sulla carta. La sensazione è comunque che il bisogno di occasioni e possibilità per sperimentare al di fuori delle lezioni scolastiche ci sia, e al momento non sia soddisfatto da alcun servizio.

Ci si limiterà, in questo paragrafo, a illustrare le caratteristiche positive del progetto e se ne discuteranno i limiti. È da notare che caratteristiche e limiti sono simili a quelli di “La scienza è servita”.

Le principali caratteristiche positive sono sicuramente:

- un’estensione del tempo disponibile per sperimentare
- la possibilità di ripetere l’esperimento più volte, anche con variazioni personali
- una grande attrattività, grazie al riferimento alla fisica di tutti i giorni;
- l’utilità del servizio, a studenti e insegnanti ma non solo
- il basso costo dei materiali, la semplicità degli esperimenti

- l'accessibilità a (quasi) tutte le età e a qualsiasi livello di istruzione
- la complementarietà e l'aiuto all'apprendimento scolastico.

Fra i limiti, si possono senz'altro evidenziare i seguenti:

- assenza di controllo sull'uso effettivo
- possibilità di misconcezioni o travisamento del risultato
- mancanza di esperimenti quantitativi e strumentazione

Per quanto riguarda l'ultimo punto, come è anche discusso più sotto, si può pensare una serie di esperimenti riservati ad un pubblico più esperto o con esigenze più in linea con un percorso scolastico.

Possibili sviluppi

Una direzione interessante in cui sviluppare il servizio sarebbe di predisporre esperimenti più quantitativi, in cui si faccia uso di strumenti di misura, e articolarli in una forma che potrebbe renderli più didattici (misurare grandezze fisiche, tracciare grafici, verificare leggi ecc.). In questo modo si potrebbe dare un supporto concreto all'attività fatta a scuola, e fra i compiti a casa assegnati dal docente potrebbe comparire l'esecuzione di esperimenti.

Da un punto di vista logistico, si potrebbe pensare di dedicare uno spazio permanente, attrezzato e sorvegliato, dove gli utenti possano eseguire gli esperimenti sul posto, analogamente alle sale di lettura e studio presenti nelle biblioteche.

Capitolo 4 – Conclusioni

Il lavoro di questa tesi è sfociato nella realizzazione di tre progetti, tutti nell'ambito didattico-divulgativo, ciascuno dei quali ha cercato di coprire un fronte comunicativo diverso, ed è stato declinato in situazioni di apprendimento differenti: didattico semi-formale (i laboratori "Scienza per gioco"), ludico-didattico informale (l'attività "La scienza è servita") e didattico non formale (il progetto "Esperiteca").

Ogni progetto è mirato ad un'utenza specifica, che porta interessi precisi, ed è stato pensato con obiettivi ben definiti, che ne hanno guidato la progettazione e la realizzazione. Naturalmente si è stati consapevoli che il confine fra le diverse categorie non è così netto e che sono possibili ampie sovrapposizioni.

Questo lavoro si colloca come un contributo in un panorama di intenti molto ampio, che ha come obiettivo comune incentivare la didattica, la divulgazione e la comunicazione delle scienze, soprattutto presso le nuove generazioni, ma non solo.

Ancor più alla base di tutto questo, però, sta il desiderio di promuovere e di sostenere un'idea di scienza utile, bella, interessante, che sia degna di essere studiata, che genera cultura e che non sia considerata solo *tecnologia*; non una scienza irraggiungibile o per pochi eletti, bensì che sappia avvicinarsi e spiegarsi al cittadino; infine, una scienza che sia sostegno della società e della qualità di vita.

Due dei tre progetti hanno incontrato un alto gradimento, dimostrando la loro efficacia nell'incontrare e soddisfare le esigenze dell'utenza.

Il terzo richiede una promozione e di un sostegno logistico più impegnativo, ma, considerata la somiglianza di contenuti e metodo con "La scienza è servita", ci sono tutte le premesse perché possa avere successo.

Osservando lo svolgersi delle attività dei primi due progetti, si è avuta la netta impressione che le attività laboratoriali di ambito scientifico incontrino un altro gradimento, sia quelle strutturate e destinate alla scuola, sia quelle non formali o informali che si rivolgono al pubblico non esperto.

In particolare si è notato come gli insegnanti cerchino nuovi modi di presentare la propria disciplina e siano interessati ad approfondirne le tematiche e ampliare le proprie conoscenze. Essi manifestano interesse ad aggiornarsi non solo sulle metodologie, ma anche sui contenuti: segnale di una

carezza grave nel sistema scolastico deputato all'organizzazione e all'ideazione di corsi per la formazione continua.

I giovani, invece, studenti e non, apprezzano molto la fenomenologia, gli esperimenti dal vivo e fatti di persona, e si lasciano felicemente stupire da risultati inattesi o curiosi, come se mancasse loro questa parte nel vissuto quotidiano (complice forse lo stile di vita più tecnologico e frammentato rispetto ad un tempo) e di mettersi alla prova nel cercare soluzioni o nel prevedere l'esito di un esperimento. Meno a loro agio si trovano quando sono chiamati ad adottare un processo formale (stesura di passaggi logici, formule) o ottenere un risultato tramite procedure analitiche rigorose: per questi, essi hanno bisogno di essere guidati e incoraggiati.

Gli adulti, dal canto loro, sono contenti, chi di rispolverare e mettere alla prova vecchie conoscenze imparate a scuola, chi di conoscere fenomeni e spiegazioni con cui non aveva avuto l'occasione di venire in contatto e quindi recuperare una parte mancante della sua formazione; uno stato d'animo positivo e possibile da una situazione non formale e senza il peso di un giudizio incombente.

La ricerca, in sostanza, ha evidenziato come l'interesse e la curiosità per le discipline scientifiche siano presenti e vive nelle persone, sia si tratti di studenti e insegnanti, sia di giovani e adulti esterni al mondo della scuola.

Il desiderio di conoscere e di informarsi in ambito scientifico è sempre presente nella popolazione di tutte le età e qualifica, ed è la molla che spinge a partecipare e a mettersi in gioco con rompicapo o esperimenti. Molto diffusa è anche la consapevolezza che la scienza (in particolare la fisica) sia una disciplina difficile da affrontare autonomamente, e perciò sono sempre accolte con entusiasmo e interesse quelle occasioni in cui essa viene spiegata e divulgata in modi semplici, partecipati e condivisi.

Gli stessi insegnanti, o altri già esperti di materie scientifiche, sono curiosi e desiderosi di conoscere nuovi aspetti della loro disciplina, sia metodologici che di contenuti, di mettere alla prova le proprie conoscenze e anche di cimentarsi con nuovi temi e prospettive.

Questi risultati hanno mostrato l'efficacia della contaminazione fra l'esperienza scolastica e la ricerca didattica; il connubio fra laboratorio scientifico e divertimento, poi, si è rivelato una carta vincente per avvicinare alla scienza i giovani studenti, infondere interesse e curiosità, con ricadute positive anche nella didattica tradizionale scolastica.

In conclusione, si può dire che i tre progetti frutto del lavoro di dottorato hanno raggiunto gli obiettivi previsti; essi, inoltre, si prestano ad essere ulteriormente sviluppati per amplificarne l'efficacia ed aumentarne la ricaduta sui destinatari.

Didattica: un problema aperto

Conciliare le esigenze della società con le possibilità e i compiti della scuola è difficile. Credo che una costrizione eccessiva dei modi e una definizione troppo precisa degli obiettivi sia controproducente. L'idea che io ho di una lezione, ad esempio, assomiglia molto all'esecuzione di un brano musicale: esistono molte interpretazioni dello stesso pezzo, tutte valide, e non c'è uno schema preciso da seguire; è abbastanza evidente la povertà di una musica suonata in modo meccanico e "preciso".

Inoltre, mi è capitato spesso, da studente, di capire un concetto mentre il docente cercava di spiegarne un altro, e di aver vissuto più volte l'esperienza inversa, insegnando.



Figura 9 – Apprendimento, formazione e didattica: un problema ancora aperto.

Col tempo sono giunto alla convinzione che l'apprendimento è in parte un processo non deterministico, a cui concorrono elementi "collaterali" e imprevedibili, che non sono frutto della programmazione dell'obiettivo. In quest'ottica, una pratica meta-didattica troppo spinta e rigida porta ad un intervento povero e sterile; è un po' come ridurre il succo di limone all'acido citrico, o ridurre il gusto della fragola all'aroma di fragola, o, ancora, il suono di uno strumento a poche armoniche: si perdono le componenti che rendono completo e gustoso il risultato. In una lezione o in un percorso di studi, una metodologia applicata con cieco integralismo può trasformare l'interessante in noioso, una didattica efficace in una dannosa.

Io penso che in un campo come questo sia presente una componente artistica e di invenzione, e a volersi stringere in una precisione eccessiva si rischi di mancare il bersaglio.

La figura precedente vuole illustrare in qualche modo l'idea che forse non c'è una connessione deterministica rigorosa fra azione didattica e risultato.

Capitolo 5 – Pubblicazioni didattiche

Un impegno verso i docenti

Una parte importante nell'attività di ricerca è la comunicazione della didattica della fisica con i pari e la condivisione delle idee e degli esperimenti con possibili beneficiari, e questo avviene grazie alla pubblicazione sulle riviste di settore.

La ricerca è mirata a individuare metodi, tecniche, modi ed esperimenti nuovi per veicolare la fisica a livello scolastico e a sviluppare strumenti didattici efficaci che vengono poi divulgati presso i docenti nell'ambito di corsi d'aggiornamento. Questa parte del lavoro è essenziale per dare stimoli nuovi ai docenti, ravvivare in loro l'interesse per la disciplina e contribuire a infondere linfa vitale nel sistema scolastico. Per una serie di ragioni, il sistema scolastico non può, da solo, provvedere in tal senso e nemmeno i singoli docenti.

Nel corso del dottorato, il gruppo ha sviluppato molti *set-up* sperimentali per misurare diverse grandezze fisiche, in ambiti anche molto distanti fra loro, cercando di inserire gli argomenti tipici dei curricula di fisica in ambiti della fisica originali e di attualità, come la fisica del volo, la meteorologia, astronomia, o in fenomeni curiosi, quali miraggi, bolle di sapone, bottiglie stappate, invisibilità.

Di seguito, vengono descritte le principali pubblicazioni scaturite dal lavoro di ricerca del gruppo. Per le referenze esatte, si veda in bibliografia.

“Fast quasi-adiabatic gas cooling: an experiment revisited” [17]

(2012, European Journal of Physics)

Si riporta una misura molto fedele della rapida diminuzione di temperatura dell'aria ($-70\text{ }^{\circ}\text{C}$ di salto) in seguito ad una rapida espansione. La capacità di seguire una variazione così rapida (pochi millisecondi) è dovuta all'uso di un termometro molto particolare: il sottilissimo filamento di una piccola lampadina, usato come termistore.

“Very fast temperature measurement with a thin lamp filament” [18]

(2012, Physics Education)

Si presenta e si discute l'uso del filamento di una piccola lampadina come termometro; grazie alla sua ridottissima capacità termica, è in grado di seguire variazioni molto rapide di temperatura di sostanze con bassa capacità termica (es. i gas). Si descrive il circuito elettrico che misura la sua resistenza e si

caratterizza lo strumento di misura in termini di accuratezza e velocità di risposta.

“Science is served – Small experiments *à la carte*” [19]

(2011, Physics Education)

Si presenta il format de “La scienza è servita”, già oggetto di parte di questa tesi. Si dà qualche assaggio degli esperimenti e delle schede e si discutono i punti di forza della proposta.

“Playing with refraction” [20]

(2010, The Physics Teacher)

Si mostrano alcuni esperimenti, semplici da realizzare ma molto belli, di accoppiamento ottico fra materiali trasparenti diversi (plexiglas, vetro pirex, aria e olio di ricino), in cui si rende ben visibile e molto attraente l'importanza dell'indice di rifrazione per l'invisibilità.

“Measuring air density in the introductory lab” [21]

(2010, The Physics Teacher)

Su molti testi per le scuole primarie e secondarie si trova ancora il classico esperimento di pesare l'aria gonfiando un palloncino e pesandolo con una bilancia a bracci uguali: nell'articolo si discute perché tale esperimento non può funzionare (se condotto in maniera ingenua) e si porta una potente analogia con cui gli insegnanti possono convincere se stessi e spiegarlo agli studenti.

“Mirages in a bottle” [22]

(2009, Physics Education)

Vengono discussi i meccanismi di formazione dei principali tipi di miraggi (miraggio, fata Morgana) e suggeriti metodi casalinghi per ottenere gli stessi effetti in laboratorio, con materiali semplici e facilmente reperibili. Punto di forza di questo lavoro sono le belle immagini ottenute dei miraggi stessi e la visualizzazione del cammino ottico, ottenute con il laser e agenti dispersivi quali nebbia (in aria) e fluoresceina (in acqua) usati in combinazione.

Appendice: allegati

- Tracce per l'operatore dei laboratori *Scienza per gioco*
- Menu e schede esplicative de *La scienza è servita*
- Schede tecniche e questionario utenti del progetto *Esperiteca*

Bibliografia e siti web

Fonti citate

- [1] Committee on Science Learning, Kindergarten through Eighth Grade, *Taking Science to School: Learning and Teaching Science in Grades K-8* - Richard A. Duschl, Heidi A. Schweingruber, and Andrew W. Shouse, Editors (2007)
Documento pdf on-line: <http://www.nap.edu/catalog/11625.html>
- [2] Bosio S., Capocchiani V., Nichelini M., Vogrig F., *Orientare alla Scienza attraverso il Problem Solving* - Unità di ricerca in Didattica della Fisica dell'Università degli Studi di Udine
- [3] Giliberti M., *Lo spettacolo della Fisica* - Università degli Studi di Milano:
- <https://sites.google.com/site/spettacolodellafisica/>
- <http://www.scienzainrete.it/contenuto/articolo/Fisica-e-Teatro-una-scommessa-vinta-dal-Laboratorio-SAT>
- [4] Corni F., *Fisica in moto* - Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia
- <http://fisicainmoto.blogspot.it/>
- http://www.ducati.it/news/summer_school_fisica_in_moto_2012/2012/07/20/2597/index.do
- [5] Micheli M., *GEIweb* - Università degli Studi di Udine
- <http://www.fisica.uniud.it/GEI/GEIweb/index.htm>
- [6] Guglielmino M., *Tesi di dottorato*, Università degli Studi di Trento (2010)
- <http://lcsfunitn.wordpress.com/actions/gioco/>
- [7] Grimellini Tomasini N. e G. Segrè (a cura di), *Conoscenze scientifiche: le rappresentazioni mentali degli studenti* – La Nuova Italia - Scandicci (FI) 1991
- [8] Mayer M. (a cura di), *Conoscenza scientifica e conoscenza di senso comune - Analisi dell'incidenza di fattori scolastici sull'apprendimento della fisica* – CEDE, Frascati (1990)
- [9] Cavallini G., *La formazione dei concetti scientifici. Senso comune, scienza, apprendimento* - La Nuova Italia 1995

- [10] Gratton L., Perini M. “Scienza per Gioco” – Università degli Studi di Trento (sito web):
- <http://www-toys.science.unitn.it/laboratorio/Inglese/html/insegnanti/fronte.html>
 - <http://www-toys.science.unitn.it/laboratorio/>
- [11] Elenco dei *laboratori didattici* proposti dal Museo dell’Aeronautica “Gianni Caproni” di Trento (contiene quelli oggetto del presente lavoro)
- http://www.mtsn.tn.it/servizi_educativi/DB_trovaattivita/elenco_completo.asp
- [12] La leggenda della corona di Archimede:
- <http://www.math.nyu.edu/~crrres/Archimedes/Crown/bilancetta.html>
 - <http://www.rudimathematici.com/bookshelf/pdf/Corona%20Archimede%20%28FC%29.pdf>
 - <http://it.wikipedia.org/wiki/Archimede>
- [13] Danese B., *Tesi di dottorato* – Università degli Studi di Trento (2007)
- [14] UNESCO (Compiled by) *700 science Experiments for everyone* Foreword by Gerald Wendt - UNESCO SOURCE BOOK FOR SCIENCE TEACHING Doubleday 1956, 1962 (USA)
- [15] P. Calvani *Giochi scientifici* Arnoldo Mondadori Editore – 1987 Milano
- [16] Menu e schede di diverse edizioni de “La scienza è servita”:
- <http://lcsfun.itn.wordpress.com/actions/>

Elenco pubblicazioni nell’ambito del dottorato

- [17] G. Calzà, L.M. Gratton, T. Lopez-Arias, S. Oss “*Fast quasi adiabatic gas cooling: an experiment revisited*” EUR. JOURNAL OF PHYS., 33 (2012) 1155-1165
- [18] G. Calzà, L.M. Gratton, T. Lopez-Arias, S. Oss “*Very fast temperature measurements with a thin lamp filament*” PHYS. EDUC., 47 (2012) 334-337
- [19] G. Calzà and S. Oss “*Science is served – Small experiments à la carte*” PHYS. EDUC. 46 (2011) 451-453

- [20] G. Calzà, L.M. Gratton, T. Lopez-Arias, S. Oss, “*Playing with refraction*” THE PHYSICS TEACHER, v. 48, n. 4 (2010), p. 196-196
- [21] G. Calzà, L.M. Gratton, T. Lopez-Arias, S. Oss, “*Measuring Air Density in the Introductory Lab*”, THE PHYSICS TEACHER, v. 48, n. 3 (2010), p. 189-193
- [22] G. Calzà, L.M. Gratton, T. Lopez-Arias, S. Oss, “*Mirages in a bottle*”, PHYSICS EDUCATION, 44 (2009), p. 582-588

Altre fonti

Atherton J. S., Doceo; *Learning as Loss* - UK (2010); Documento on-line:

- http://www.doceo.co.uk/original/learnloss_1.htm.

Atherton J.S., *Learning and Teaching: Constructivism in learning* - UK (2010): Documento on-line:

- <http://www.learningandteaching.info/learning/constructivism.htm>.

Atherton J.S., *Learning and Teaching: What works and what doesn't* - UK (2010): Documento on-line:

- http://www.learningandteaching.info/teaching/what_works.htm.

Burns T.W., O'Connor D.J., Stocklmayer S.M., *Science Communication: A Contemporary Definition*, Public Understanding of Science 2003; 12; 183.

Fabri E., *Come introdurre la fisica quantistica nella scuola secondaria superiore*, Università di Pisa – Documento pdf on-line:

- <http://www.df.unipi.it/~fabri/sagredo/Viareggio-2012/fq13.pdf>

Gil Perez D., Martinez Torregrosa J., Senent Perez F., *L'insuccesso nella risoluzione di problemi di fisica: una ricerca orientata su nuovi presupposti*, Enseñanza de las Ciencias 6, n.2 (1987): 131 - 146.

Hattie J., *Visible learning: a Synthesis of over 800 Meta-Analyses Relating to Achievement*, Routledge London (2009).

Klopfer E. et al., *Using the technology of today, in the classroom today: the instructional powers of digital games, social networking, simulations and how teachers can leverage them*, The Education Arcade (2009).

RSA Animate - *Changing Education Paradigms*, presentazione on-line:

- <http://youtu.be/zDZFcDGpL4U>

Suits B., *The grasshopper: games, life and utopia*, Toronto Buffalo (1978), Ed.
University of Toronto Press.